

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl. 7
G03F 7/20

(11) 공개번호 특2002-0004861

(43) 공개일자 2002년01월16일

(21) 출원번호 10-2001-0039611
(22) 출원일자 2001년07월03일

(30) 우선권주장 00305666.0 2000년07월05일 EP(EP)

(71) 출원인 에이에스엠 리소그래피 비.브이.
네덜란드 엘 에이 벨드호펜 5503 데 룬 1110

(72) 발명자 크리케얀야프
네덜란드엔엘-5682하엘베스트레프17
유를링스마르쿠스프란시스쿠스안토니우스
네덜란드엔엘-4824아르케브레다아렌베르크란159
회계안
네덜란드엔엘-5653엘엔아인트호펜카스텔렌플레인49
판데르벤파울
네덜란드엔엘-5611에스아르아인트호펜가브리엘메트술란76

(74) 대리인 송재런
김양오

심사청구 : 없음

(54) 리소그래피 장치, 디바이스 제조방법, 및 그것에 의해제조된 디바이스

요약

리소그래피 투영장치는 상기 투영장치의 퓨필에서 투영빔의 타원성 대칭 강도 비정상성을 변화시키는 조명 시스템에 제공된 광학요소를 갖고, 상기 광학 요소는 그것에 의해 도입된 강도 비정상성의 변화가 상기 투영빔에 존재하거나 상기 투영빔이 통과하는 또다른 광학 요소로 도입되는 타원성 대칭 강도 비정상성을 상쇄시키도록 상기 투영장치의 광학 축에 대하여 회전된다.

대표도
도 2

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 리소그래피 투영장치를 나타내는 도면,

도 2는 본 발명의 제1실시예의 조명 시스템의 더욱 상세한 도면,

도 3a 및 도 3b는 회절광학요소에서 마이크로렌즈의 회절효과를 나타내는 도면,

도 4는 본 발명의 제2실시예에서 조명 시스템 부분을 나타내는 도면,

도 5는 투영빔의 단면, 상기 단면에 대한 좌표계, 및 상기 단면내의 길게 연장된 부분을 나타내는 도면,

도 6은 제3실시예의 부분 투과 방사 필터, 상기 필터에 대한 좌표계, 및 상기 필터에 포함된 길게 연장된 부분을 나타내는 도면,

도 7은 상기 투영빔의 단면 및 두 개의 부분 투과 방사 필터에 대한 좌표계를 나타내는 도면,

도 8은 본 발명의 제1실시예의 조명 시스템의 부분을 나타내는 도면,

도 9a 및 도 9b는 본 발명의 실시예의 조정할 수 있는 판 요소의 효과를 나타내는 도면,

도 10a 내지 도 10c는 도 9a 및 도 9b에서 본 발명의 실시예의 조정가능한 판요소의 조정에 의해 달성 가능한 상이한 효과를 나타내는 도면이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은,

- 투영빔의 각도와 공간 에너지 분포를 조정하고 조명 시스템의 퓨필에서 상기 투영빔의 미리 선택된 강도 분포를 제공하는 상기 조명 시스템을 포함하여 방사 투영빔을 제공하는 방사시스템,
- 소정 패턴에 따라 상기 투영빔을 패터닝하는 작용하는 패터닝 수단을 지지하는 지지구조체,
- 기판을 유지하고 상기 장치에서 정의된 X,Y좌표계의 X및 Y방향을 따라 이동가능한 기판테이블,
- 상기 기판의 목표영역위에 패터닝된 빔을 투영하고 투영 시스템의 퓨필상에 상기 강도 분포를 투영하는 투영 시스템을 포함하는 리소그래피 투영장치의 조명 시스템의 개선에 관한 것이다.

"패터닝 수단"이라는 용어는 상기 기판의 목표영역에 생성될 패턴에 대응하는 패터닝된 단면을 포함하는 입사 방사빔을 제공하기 위해 사용될 수 있는 수단을 가리키는 것으로 널리 해석되어야 한다; "라이트 밸브"라는 용어 역시 마찬가지로 사용되었다. 일반적으로, 상기 패턴은 집적 회로 또는 다른 장치(아래의 설명을 참조)와 같은 목표영역에 생성되는 디바이스내의 특정 기능층에 대응할 것이다. 이러한 패터닝 수단의 예시는 다음과 같은 것을 포함한다.

- 마스크. 마스크의 개념은 리소그래피 기술에 잘 알려져 있고, 다양한 하이브리드 마스크 형태 뿐만 아니라 이진, 교번 위상 시프트, 및 감쇠 위상 시프트등의 마스크 형태를 포함한다. 방사빔내의 마스크 배치는 마스크상의 패턴에 따라 마스크상에 부딪히는 방사선의 선택적 투과(투과형 마스크의 경우) 또는 반사(반사형 마스크인 경우)를 일으킨다. 마스크의 경우에 지지구조체는 일반적으로 상기 마스크가 입사 방사빔내의 소정 위치에 고정될 수 있고, 원한다면 상기

빔에 대하여 상대적으로 이동할 수 있는 것을 보장하는 마스크테이블이 된다.

- 프로그램가능한 미리 어레이. 이러한 장치의 예시는 점탄성 제어층을 갖는 매트릭스-어드레서블 표면과 반사 표면이다. 상기 장치의 기본 원리는, (예를 들어) 반사 표면의 어드레스된 영역이 입사 광선을 회절된 광선으로서 반사시키는 반면, 비어드레스된 영역은 입사된 광선을 비회절된 광선으로서 반사한다. 적절한 필터를 사용하면, 상기 비회절된 광선은 회절된 광선을 남기고 반사된 빔으로부터 필터링될 수 있다. 이러한 방법으로 매트릭스-어드레서블 표면의 어드레싱 패턴에 의해 상기 빔이 패턴화된다. 적당한 전자 수단을 사용하여 필요한 매트릭스 어드레싱이 실시될 수 있다. 상기 미리 어레이에 관한 더 많은 정보는, 예를 들어 여기에 참고로 포함된 미국 특허 제 5,296,891호 및 제 5,523,193호로부터 얻어질 수 있다. 프로그램 가능한 미리 어레이의 경우에, 상기 지지구조체는 요구되는 바와 같이 고정 또는 이동 가능할 수 있는 프레임 또는 테이블로 구현될 수 있다.

- 프로그램가능한 LCD 어레이. 이러한 구성의 예시는 여기에 참고로 포함된 미국 특허 제 5,229,872호에 나타나 있다. 상술된 바와 같이, 이러한 경우에서 상기 지지구조체는 요구되는 바와 같이 고정 또는 이동가능할 수 있는 프레임 또는 테이블로 구현될 수 있다.

간략화를 위해서, 본 명세서의 나머지 부분에서는 마스크와 마스크 테이블과 관련된 예시를 상세히 나타낼 것이다. 그러나, 본 예시에 나타난 일반적인 원리는 상술된 바와 같이 패턴링 수단의 더 폭넓은 상황에서 이해되어야 한다.

리소그래피 투영장치는 예를 들어 집적 회로(ICs)의 제조에서 사용될 수 있다. 이러한 경우에, 패턴링 수단은 집적 회로의 개별층에 대응하는 회로 패턴을 생성시킬 수 있고, 이 패턴은, 방사선 감지물질(레지스트)층으로 도포된 기판(실리콘 웨이퍼)상의 (하나 이상의 다이로 이루어진) 목표영역상에 묘화될 수 있다. 일반적으로 단일 웨이퍼는 투영 시스템을 통해 한번에 하나씩 연속적으로 조사되는 인접 목표영역들의 전체적인 연결망을 포함할 것이다. 마스크 테이블상의 마스크에 의한 패턴링을 사용하는 현 장치에서 두 가지 상이한 기계 형태 사이에서 구별이 행해질 수 있다. 일 형태의 리소그래피 투영 장치에 있어서, 목표영역상으로 전체 마스크 패턴을 한번에 노광시킴으로써 각각의 목표영역이 조사된다. 상기 장치를 통상 웨이퍼 스테퍼(wafer stepper)라 칭한다. 통상 스텝-및-스캔 장치로 불리워지는 대안장치에서는 상기 스캔 방향에 평행 또는 반평행으로 기판 테이블을 동기적으로 스캐닝하면서 투영빔하에서 소정의 기준 방향("스캐닝 방향")으로 마스크 패턴을 점진적으로 스캐닝함으로써 각 목표영역이 조사된다. 일반적으로 투영 시스템은, 배율 인자(magnification factor: M) (일반적으로 < 1)를 가지므로 기판 테이블이 스캐닝되는 속도(V)는 마스크 테이블이 스캐닝되는 속도의 인자 M배가 된다. 여기서 서술된 리소그래피 장치에 관련된 보다 상세한 정보는 예를 들어 본 명세서에서 참조로 포함한 미국 특허 제 6,046,792호에서 얻을 수 있다.

리소그래피 투영 장치를 사용하는 제조 공정에서, 패턴(예를 들어, 마스크에서)은 방사선 감지물질(레지스트)층이 적어도 부분적으로 도포된 기판상에 묘화된다. 이러한 묘화단계에 앞서, 기판은 전처리(priming), 레지스트 도포 및 소프트 베이크와 같은 다양한 절차를 거칠 수 있다. 노광후, 기판은 후노광 베이크(PEB), 현상, 하드 베이크 및 묘화된 형상의 측정/검사와 같은 또다른 절차를 거칠 것이다. 이러한 일련의 절차는 예를 들어 IC인 디바이스의 개별층을 패턴링하는 기초로서 사용된다. 이렇게 패턴링된 층은 에칭, 이온 주입(도핑), 금속화, 산화, 화학 기계적 폴리싱등과 같은 개별층을 마무리하기 위한 다양한 모든 공정을 거친다. 여러 층이 요구된다면, 새로운 층마다 전체 공정 또는 그것의 변형 공정이 반복되어야만 할 것이다. 중국에는, 디바이스의 배열이 기판(웨이퍼)상에 존재하게 될 것이다. 그 후, 이들 디바이스는 다이싱 또는 소잉등의 기술에 의해 서로에 대해 분리되어, 개별의 디바이스가 운반장치에 탑재되고 편중에 접속될 수 있다. 이와 같은 공정에 관한 추가 정보는 예를 들어, "Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing" (3판, Peter van Zant 저, McGrawHill 출판사, 1997, ISBN 0-07-067250-4) 으로부터 얻을 수 있다.

설명을 간단히 하기 위해, 상기 투영 시스템은 이후에서 "렌즈"로 언급될 것이다. 그러나, 이러한 용어는 예를 들어 굴절 광학, 반사 광학, 카타디옵트릭(catadioptric) 시스템을 포함하여 다양한 형태의 투영 시스템을 내포하는 것으로서 폭넓게 해석되어야 한다. 상기 방사 시스템은 또한 방사 투영빔을 지향, 성형 또는 제어하기 위해 이러한 설계 형태들 중 하나에 따라 동작하는 구성요소를 포함하고, 이후의 설명에서는 이러한 구성요소들을 집합적으로 또는 개별적으로 "렌즈"라 언급할 것이다. 또한, 여기서, 본 발명은 직각인 X, Y 및 Z 방향의 기준좌표를 사용하여 설명된다. 또한, 상기 문맥이 이와 다르게 요구되지 않는다면, 본 명세서에 사용된 용어 "수직"은 상기 장치의 어떤 특정 방위를 내포하기보다 기판 또는 (상기 패터닝 수단에 의해 제공된) 패턴을 포함하는 평면에 직각인 방향 또는 광학 시스템의 광학축에 평행인 방향을 언급한다. 유사하게, 용어 "수평"은 패터닝 수단에 의해 발생된 바와 같이 기판표면 또는 패턴표면에 평행인 방향 또는 광학축에 수직인 방향을 언급하며 따라서 "수직" 방향에 직각을 이룬다. 특히, 상기 스캐닝 방향에 대응하는 수평방향은 Y 방향으로 언급될 것이다.

또한, 리소그래피 장치는 2이상의 기판 테이블(및/또는 2이상의 마스크 테이블)을 갖는 형태가 될 것이다. 이러한 "다단" 장치에서, 부가 테이블이 평행하게 사용될 수 있거나 1이상의 테이블이 노광을 위해 사용되는 동안 예비단계가 1이상의 테이블상에 수행될 수 있다. 트윈 리소그래피 장치는 본 명세서에서 참조로 채용하고 있는 미국 특허 제 5,969,441호 및 WO 98/40791에서 설명된다.

리소그래피 투영장치에서 패터닝 수단에 의해 생성된 패턴의 정확한 묘화는 패터닝 수단의 정확한 조명을 요구한다; 특히, 패터닝 수단에 의해 발생된 패턴의 평면에 가까운 또는 상기 패턴의 평면에 접해있는 평면에 가까운 조명의 강도가 상기 노광 필드의 영역에서 균일하다는 것이 중요하다. 또한, 해상력을 개선시키기 위해서 예를 들어, 고리 모양의 4극 또는 2극 조명등의 다양한 모드에서 축을 벗어난 조명으로 패터닝 수단이 조명될 수 있는 것이 일반적으로 요구된다. 이러한 조명 모드의 사용에 대한 더욱 상세한 정보를 위해서, 예를 들어 본 명세서에서 참조로 포함된 유럽특허 제 1 091 252호를 참조하자. 예를 들어, 상기 조명모드는 조명 시스템의 퓨필에 대응하는 미리 선택된 강도 분포를 제공함으로써 얻어진다. 상술된 필요조건을 충족시키기 위해서, 리소그래피 투영 시스템의 조명 시스템은 일반적으로 약간 복잡하다. 전형적인 조명 시스템은 고압 Hg 램프 또는 엑시머 레이저일 수 있는 광원에 의해 빔 출력의 강도를 조정하는 서터와 감쇠기; 예를 들어, 방사빔 발산을 낮추기 위해 엑시머 레이저 방사빔으로 사용하는 빔 확대기등의 빔성형 요소; 조명모드와 파라미터를 설치하는 줌 가능한 액시콘쌍 및 줌렌즈(집합적으로 줌-엑시콘으로 언급됨); 빔의 강도 분포를 더욱 일정하게 만드는 석영막대등의 집적기; 조명영역을 형성하는 마스크 블레이드; 패터닝 수단상으로 집적기의 출구의 상을 투영하는 묘화광학을 포함한다. 간단히 말하자면, 패터닝 수단에 의해 발생된 패턴의 평면과 방사 시스템과 투영 시스템에서 이 평면에 접해있는 평면은 이하에서 "상(image)" 평면으로서 언급될 것이다. 상기 조명 시스템은 또한 상평면 근처에서 조명빔의 비균일성을 보정하는 요소를 포함할 수 있다. 예를 들어, 조명 시스템은 상기 입구면의 형상을 갖는 집적기 막대의 입구면에 가까운 투영빔 단면의 매치를 개선시키기 위해 회절 광학 요소를 포함할 수 있다. 일반적으로 회절 광학 요소는 프레셀 렌즈 또는 프레셀 영역판일 수 있는 마이크로렌즈의 어레이로 구성된다. 상기 매치를 개선시키는 것은 패턴화된 층에 발생하는 리소그래피 에러에 따른 필드 문제를 완화시킨다. 이하에서 상기 매치는 집적기 입구면의 "필링(filling)"으로 언급될 수 있다. 회절 광학 요소는 예를 들어 요구되는 조명 모드를 발생시키기 위해 방사의 미리 선택된 각도 분포내에 엑시머 레이저빔으로 제공된 방사의 각도 분포를 변형시키기 위해 예를 들어 줌-엑시콘등의 빔 성형 요소 앞에 위치결정될 수 있다. 상술된 바와 같이, 조명 시스템등에 대한 더 많은 정보는 본 명세서에서 참조로 채용된 유럽 특허 제 0747772호 및 미국 특허 제 5,675,401호를 참조한다.

또한, 예를 들어, 조명 시스템은 공간상의 강도 변화를 감소시키기 위해 패턴의 평면 바로 앞에 미리 선택된 투과율의 공간 분포를 갖는 투영빔의 방사에 부분적 투과성인 필터를 포함한다.

그러나, 공지된 조명 시스템은 여러가지 문제점을 겪는다.

특히, 회절광학요소와 석영막대 집적기에 사용되는 다양한 요소들은 방사 시스템 또는 투영 시스템의 광학축에 수직인 평면에 강도 분포의 비정상성(anomaly)을 일으킬 수 있다. 예를 들어, 방사 시스템 또는 투영 시스템의 퓨필에 가까운 평면에서, 투영빔의 단면은 원형이라기보다 오히려 타원형이 될 수 있고, 또는 예를 들어, 투영빔 단면내에서 투영빔 강도분포는 원형 대칭이라기보다 오히려 타원형 대칭이 될 수 있다. 에러의 양 형태는 "투영빔의 타원성" 또는 간단히 "타원성 에러"라 언급되며, 일반적으로 상기 패턴화된 층에 특정 리소그래피 에러를 초래한다. 특히, X와 Y방향에 평행한 방향에서 발생하는 패턴화된 피쳐는, 노광 및 처리시, 투영빔의 타원성에 의해, 상이한 크기를 나타낼 것이다. 이러한 리소그래피 에러는 일반적으로 H-V 차로 언급될 것이다. 또한, 집적기의 필링을 개선시키기 위해 사용되는 회절광학 요소는 일반적으로 줌-엑시콘의 일 세팅을 위해서만 최적화된다. 다른 세팅을 위해서, 집적기 입구면이 언더 필링(under-filling)될 수 있고 (투영빔 단면이 집적기 입구면보다 작다), 실질적인 필드 종속 H-V 차를 초래한다. 상기 다른 세팅을 위해서, 집적기 입구면은 또한 오버 필링될 수 있고 에너지 낭비를 초래한다. 또한, 157nm 엑시머 레이저와 다른 엑시머 레이저는 X 및 Y방향에서 거대한 발산차를 갖는 경향이 있는데 이는 빔 확대기 렌즈를 사용하여 완전히 해결될 수 없지만 수용가능한 크기내로 빔의 형상을 유지할 수 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은 리소그래피 투영장치에서 사용하는 개선된 조명 시스템을 제공하는 것이고, 특히, H-V 차의 문제를 완화시키기 위해서 투영빔의 타원성의 제어 또는 감소될 수 있고 집적기 입구면의 필링이 제어될 수 있는 조명 시스템에 관한 것이다.

상기 및 기타의 목적은 본 발명에 따라,

-실질적으로 상이한 강도를 갖고, 각각 상기 X 및 Y 방향을 따라 분포된 2개의 길게 연장된 부분을 포함하는 상기 강도 분포의 강도 비정상성을 보정하는 보정수단을 더 포함하고,

-상기 보정수단이 상기 투영장치의 광학축 주위에서 회전가능한 광학요소를 포함하는 것을 특징으로 하는 서두에서 상술된 바와 같은 리소그래피 장치에서 달성된다.

투영빔의 타원성을 발생시키는 광학요소가 상기 투영빔이 통과하는 다른 요소에 의해 발생된 임의의 타원성을 상쇄시키기 위해 상기 광학요소를 포함하는 시스템의 광학축 주위에서 회전될 수 있다.

예를 들어, 투영빔의 타원성이 조명시스템에 제공된 회절광학요소에 의해 보정될 수 있다. 물론 조명 시스템은 1이상의 회절광학요소를 포함한다. 방사원과 투영빔에 있어서의 타원성의 정도에 따라 회절광학요소는 임의의 고유의 타원성을 이용하기 위해 적절한 각도로 회전될 수 있거나 예를 들어, 각각의 어레이내의 비대칭으로 마이크로렌즈를 어레이 비대칭 함으로써 특정의 정도의 타원성으로 제조될 수 있다. 바람직하게는, 회절광학요소는 타원성을 완전히 제거하거나 그것을 수용가능한 레벨로 감소시킨다. 따라서, 본 발명은 회절광학요소의 회전위치가 타원성 에러를 상쇄하도록 위치되는 리소그래피 투영장치를 제공할 수 있다.

본 발명의 또다른 특성은 타원성 에러를 상쇄시키는 투과율 분포가 상기 투영빔을 통과하는 상이한 광학요소에 의해 발생될 때, 투영빔 방사에 부분적으로 투과하는 방사필터를 제공하는 것이다. 통상, 이러한 방사필터는 고유의 타원형 대칭 투과율 분포를 가질 것이다. 특히, 상기 투영장치의 광학축 주위에서 모두 회전가능한 추가의 부분 투과 방사필터와 일렬로 배치된 이러한 부분 투과 방사필터는 상기 다른 광학 요소에 의해 발생된 타원성을 보상할 필요가 있는 만큼 타원성을 상쇄시키는 양을 발생 및 조정하기 위한 수단으로서 사용될 수 있다.

또한 본 발명은,

-상기 투영빔의 각도와 공간 에너지 분포를 조정하고 상기 조명 시스템의 퓨필에서 상기 투영빔의 미리 선택된 강도 분포를 제공하는 조명 시스템을 포함하는, 방사 투영빔을 제공하는 방사 시스템;

- 소정 패턴에 따라 상기 투영빔을 패턴화하는 작용을 하는 패턴닝 수단을 지지하는 지지구조체;
- 기판을 고정하고 상기 장치에서 정의된 X,Y좌표계에서 X및 Y방향으로 이동 가능한 기판 테이블;
- 상기 기판의 목표영역상으로 패턴화된 빔을 투영하고 상기 투영 시스템의 퓨필상에 상기 강도분포를 투영하는 투영시스템을 포함하는 리소그래피 투영장치로서,

상기 조명 시스템은, 집적기를 포함하고, 상기 집적기 앞에 위치되고 상기 마이크로렌즈의 초점을 포함하는 초점면을 갖는 마이크로렌즈의 어레이를 포함하는 회절광학요소와, 상기 마이크로렌즈의 어레이의 상기 초점면에 가깝게 위치되고 상기 마이크로렌즈의 어레이와 실질적으로 동일한 피치로 사인곡선형으로 변하는 굴절력을 갖는, 실질적으로 서로 가까운 한 쌍의 평행판을 포함하는 회절판 요소를 포함하는 것을 특징으로 한다.

회절판 요소는 상이한 줌-엑시콘 세팅을 위해서 적어도 조명 시스템의 광학 축에 실질적으로 수직인 일방향을 따라 서로 가까운 상기 평행판들의 위치를 조정함으로써 집적기 입구면의 필링을 제어하는데 사용될 수 있고 이것에 의해 부족하거나 초과하는 필링을 제거할 수 있다. 실질적으로 서로 가깝고 빛을 통과시키는 평행판들은 석영으로 만들어질 수 있고 사인 곡선의 굴절력은 1 또는 2개의 직교 방향으로 상기 판의 반대면에 사인 곡선의 프로파일을 주므로써 제공될 수 있다.

본 발명의 또다른 형태에 따르면,

- 상기 투영빔의 각도와 공간 에너지 분포를 조정하고 상기 조명 시스템의 퓨필에서 상기 투영빔의 미리 선택된 강도 분포를 제공하는 상기 조명 시스템을 포함하는, 방사투영빔을 제공하는 방사 시스템;

- 소정 패턴에 따른 상기 투영빔을 패턴화하는 작용을 하는 패턴닝 수단을 지지하는 지지구조체;
- 기판을 고정하고 상기 장치에서 정의된 X,Y 좌표계에서 X 및 Y 방향으로 이동 가능한 기판 테이블;

- 상기 기판의 목표영역상으로 패턴화된 빔을 투영하고 상기 투영 시스템의 퓨필상으로 상기 강도 분포를 투영하는 투영시스템을 포함하는 리소그래피 투영장치를 구성하는 방법으로서,

실질적으로 상이한 강도를 갖는, 상기 X 및 Y 방향 각각을 따라 분포된 두 연장 부분을 포함하는, 상기 강도 분포의 강도 비정상성을 보정하는 보정수단을 제공하는 단계, 및 상기 투영장치의 광학축 주위에서 회전가능하고 상기 보정수단에 포함된 적어도 하나의 광학 요소의 회전 위치를 조절하는 방법이 제공된다.

본 발명의 또다른 형태에 따르면,

- 방사선 감지재료층에 의해 적어도 부분적으로 도포된 기판을 제공하는 단계;
- 방사 시스템을 사용하여 방사 투영빔을 제공하는 단계;
- 투영빔에 그 단면 패턴을 제공하는 패턴닝 수단을 사용하는 단계;

-방사선 감지재료층의 목표영역상으로 패턴화된 방사빔을 투영하는 단계를 포함하는 리소그래피 투영장치를 사용하는 디바이스 제조방법으로서, 상기 방사 시스템의 퓨필과 상기 투영 시스템의 퓨필을 포함하는 퓨필 그룹으로부터 선택된 퓨필에 가까운 투영빔의 단면에서 강도 분포의 강도 비정상성을 보정하는 보정 수단을 제공하는 단계를 더 포함하고, 상기 강도 비정상성은 각각 실질적으로 상이한 강도를 갖는 두 개의 서로 수직인 방향을 따라 분포된 두 연장 부분을 포함하고, 상기 투영 장치의 광학축 주위에서 회전가능하고 상기 보정 수단에 포함된 적어도 하나의 광학 요소의 회전 위

치는 상기 비정상성이 실질적으로 보상하도록 배향된다.

본 발명에 따른 방법 및 장치를 사용하는데 있어 본 명세서에서는 집적회로의 제조에 대해서만 언급하였으나, 이러한 장치가 다른 여러 응용례를 가지고 있음은 명백히 이해될 것이다. 예를 들어, 상기 장치는 집적 광학 시스템, 자기영역 메모리용 유도 및 검출 패턴, 액정표시패널, 박막 자기헤드 등의 제조에도 이용될 수 있다. 당업자라면, 전술한 기타 응용분야들을 고려할 때, 본 명세서에서 사용된 "레티클", "웨이퍼" 또는 "다이"와 같은 용어가 "마스크", "기판" 및 "목표 영역" 등과 같은 좀 더 일반적인 용어로 각각 대체될 수 있음이 이해될 것이다.

본 명세서에서, 용어 "방사"와 "빔"은 자외선 방사(예를 들어, 파장이 365,248,193,157 또는 126nm) 및 EUV(예를 들어, 5-20nm의 범위에서 파장을 갖는 초자외선 방사)를 포함하는 전자석 방사의 모든 형태를 포함하는데 사용된다.

발명의 구성 및 작용

실시예1

도 1은 본 발명의 특징의 실시예에 따른 전사투영장치를 개략적으로 도시하고 있다. 이 장치는,

- 방사 투영빔(PB)(예를 들어 UV 나 EUV 방사)를 공급하는 방사 시스템(Ex,IL). 이러한 특징의 경우에, 방사 시스템은 또한 방사원(LA)을 포함한다.
- 마스크(MA)(예를 들어 레티클)를 고정시키기 위해서 마스크 홀더가 제공되고, 아이템(PL)에 대하여 마스크를 정확히 위치 결정시키기 위해 제 1 위치결정 수단과 연결된 제 1 대물 테이블(마스크 테이블)(MT);
- 기판(W)(예를 들어 레지스트 코팅된 실리콘웨이퍼)을 고정시키기 위한 기판 홀더부가 제공되고, 아이템(PL)에 대하여 기판을 정확히 위치 결정시키는 제2위치결정 수단과 연결된 제 2 대물 테이블(기판 테이블)(WT);
- 기판(W)의 목표 영역(예를 들어, 하나 이상의 다이를 포함)(C)위의 마스크(MA)의 조사된 부분을 결상하는 투영 시스템("렌즈")(PL)(예를 들어, 석영 및/또는 CaF_2 렌즈 시스템 또는 이러한 재료들로부터 만들어진 렌즈를 포함하는 카타디옵트릭 시스템 또는 미러 시스템)을 포함하여 이루어진다. 도시된 바와 같이 본 장치는 투과형이다(즉, 투과 마스크를 포함한다.) 그러나, 일반적으로, 예를 들어 반사형일 수도 있다(반사 마스크를 포함). 대안적으로, 상기 장치는 상술한 바를 참조하여 프로그램가능한 미러 어레이의 형태등의 또다른 종래의 패터닝수단을 이용할 수 있다.

방사원(LA)(예를 들어, 수은램프, 엑시머 레이저, 레이저 또는 방전 플라즈마원 또는 축전링에서 전자빔의 궤도 주위에 제공된 언들레이터 또는 방사빔을 제조하는 싱크로트론)은 방사빔을 발생시킨다. 이 빔은 직접 또는 예를 들어 빔 확대기(EX)등의 컨디셔닝 수단을 통과한 후 투광 시스템(IL)으로 공급된다. 투광기(IL)는 빔내의 강도 분포의 외부 및/또는 내부 방사상 범위(일반적으로 σ -외부 및 σ -내부라 칭함)를 설정하는 조정 수단(AM)을 포함한다. σ -외부 및 σ -내부의 설정("시그마 설정")은 예를 들어 기판에서 상기 투영빔에 의해 전달된 방사 에너지의 각 분포에 영향을 미친다. 또한, 그것은 집적기(IN) 및 집광기(CO)등의 여러가지 다른 구성 요소를 포함한다. 이러한 방식으로, 마스크(MA)에 부딪히는 빔(PB)은 그 단면에서 소정의 균일성 및 강도 분포를 갖는다.

도 1에 있어서, 방사원(LA)은 (예를 들어, 방사원(LA)이 수은 램프인 경우에서와 같이) 리소그래피 투영 장치의 하우징내에 있을 수 있지만, 전사 투영 장치로부터 멀리 떨어질 수 있고, 그것이 생성하는 방사빔은(예를 들어 적절한 지향 미러를 사용하여) 상기 장치로 유도되는 것을 알 수 있다. 이 후자의 방법은 방사원(LA)이 엑시머 레이저인 경우이다. 본 발명과 청구 범위는 이들 양 방법을 포함한다.

빔(PB)은 마스크 테이블(MT)위에 고정되어 있는 마스크(MA)를 차단된다. 마스크(MA)를 통과한 빔(PB)은 기판(W) 상의 목표 영역(C)위에 빔(PB)을 조준시키는 렌즈(PL)를 통과한다. 제2위치결정수단(간접계 측정 수단(IF))에 의해, 기판 테이블(WT)은 정확하게 움직일 수 있고, 예를 들면, 빔(PB)의 궤도를 상이한 목표 영역(C)으로 위치시킬 수 있다. 이와 유사하게, 예를 들면 마스크 라이브러리로부터 마스크(MA)를 기계적으로 회수한 후, 또는 스캔동안 빔(PB)의 궤도에 대해 마스크(MA)를 정확하게 위치시키기 위해 제 1 위치결정수단이 사용될 수 있다. 일반적으로, 대물 테이블(MT,WT)의 이동은 도 1에는 정확히 도시되지는 않았지만 (대강의 위치결정을 하는) 긴 행정 모듈과 (미세한 위치결정을 하는) 짧은 행정 모듈의 도움으로 이루어진다. 그러나, (스텝-및-스캔 장치와 반대인)웨이퍼 스테퍼의 경우, 마스크 테이블(MT)은 짧은 행정 액추에이터에 연결될 수 있고, 고정될 수도 있다.

도시된 장치는 두 가지 다른 모드로 이용된다.

1. 스텝 모드에서는, 마스크 테이블(MT)은 기본적으로 고정되어 있으며, 전체 마스크 이미지는 목표 영역(C) 위에 한 번에(즉, 단일의 "플래쉬"로) 투영된다. 그 후 기판 테이블(WT)이 X-축 및/또는 Y-축 방향으로 시프트되어 다른 목표 영역(C)이 빔(PB)에 조사될 수 있도록 한다;

2. 스캔 모드에서는, 근본적으로 스텝모드와 똑같은 방법이 제공되나 주어진 목표영역(C)이 단일의 플래쉬로 노출되지 않는 대신에 마스크 테이블(MT)이 주어진 방향(예를 들면 Y 방향과 같은 "스캔 방향")으로 속도 v 로 이동이 가능하여 투영빔(PB)이 마스크 상(像)을 스캔할 수 있도록 한다. 이와 병행하여, 기판 테이블 (WT)은 $V=Mv$ 의 속도로 동일 혹은 반대 방향으로 동시에 이동한다. 이때의 (M)은 렌즈(PL)의 배율(일반적으로, $M=1/4$ 또는 $1/5$)이다. 이러한 방식으로, 상대적으로 큰 목표 영역(C)이 해상도의 영향 없이 노광될 수 있다.

조명 시스템(IL)에서, 투영빔(PB)의 일부분은 빔 스플리터(BS)에 의해 에너지 센서(ES)로 전향된다. 빔 스플리터(BS)는 석영위에 알루미늄을 증착시킴으로써 형성되고 투영빔을 알맞은 위치로 포개지도록 사용되는 반사기일 수 있다. 작은 구멍의 패턴은 알루미늄 층으로 에칭되어, 공지된 (상대적으로 작은) 에너지 비율, 예를 들어 1% 가 에너지 센서로 전달된다.

특히, 157nm 미만의 방사 파장이 사용되는 경우에, 상기 장치의 전체 광학 경로는 투영빔에 사용되는 방사에 투명한 가스, 예를 들어, 고체 N_2 로 플러싱된 1 이상의 케이싱(CA)에 포함된다. 플러싱 또는 퍼징된 가스는 예를 들어 공기를 정화 및 건조시키는 청정 가스의 컨테이너 또는 장치인 가스 공급 GS로부터 공급된다.

도 2는 방사원(LA)으로부터 마스크(MA)까지 투영빔의 광학 경로를 더욱 상세히 도시한다. 이 실시예에서 방사원(LA)은 출력 방사를 수용하기 위해 타원형 반사기가 제공된 고압 Hg 램프이지만 레이저일 수도 있다. 두 개의 셔터들은 램프의 출력을 조절하기 위해 제공된다: 즉, 코일(11a)에 의해 개방을 유지하고 장치 케이싱의 임의의 패널들이 개방된다면 자동적으로 폐쇄되도록 배치된 안전셔터(11); 및 각 노광을 위해 모터(12a)에 의해 구동되는 회전식 셔터(12). 모터(13a)로 구동되고 필터 구경에서 필터를 약하게 하는 빛을 갖는 제2회전식 셔터(13)가 저선량 (low-dose) 노광을 위해 제공될 수 있다.

빔 성형은 원칙적으로 각각의 서보 시스템(15a, 16a)에 의해 구동된 조정할 수 있는 광학 요소인 액시콘(15)과 줌렌즈(16)로 행해진다. 이러한 구성요소들은 집합적으로 줌액시콘으로 언급된다. 액시콘(15)은 분리를 조정할 수 있는 오목형 원뿔렌즈 및 상보 볼록형 원뿔렌즈를 포함한다. 액시콘(15)의 두 가지 요소들을 함께 세팅하는 것은 종래의 원형 조명을 제공하는 반면, 그것들을 개별적으로 이동시키는 것은 환상의 조명 분포(annular illumination distribution)를 생성한다. 줌렌즈(16)는 조명빔 또는 환상의 조명모드의 외부 반경의 크기를 결정한다. 퓨필 형상 수단(도시 안됨)은 예를 들어 4중극 또는 다른 조명 모드를 제공하기 위해 줌-액시콘 모듈의 출구 퓨필(22)에서 삽입될 수 있다.

제1회절광학요소(DOE)(14)는 액시콘(15)을 고르게 필링하기 위해 제공된다. 회절광학요소(14)는 예를 들어 퓨필(22)에서 퓨필 형상을 형성하고 빔을 확장하는 확대도에 나타난 (예를 들어, 6각형인) 마이크로렌즈(14b)의 꼭 채워진 어레이를 포함한다. DOE의 대안형태들은 빔단면내에서 요구되는 퓨필형상과 요구되는 에너지 분배를 형성하기 위해 위상 시프트를 사용하는 홀로그래피 DOE를 포함한다. 회절광학요소는 열교환기(14a)내에 선택적으로 간섭되는 복수의 요소들 중 하나가 될 것이다. 교환기(14a)는 빔(PB)에 회절요소의 위치와 방향을 조정하기 위해 구성될 수 있다.

이러한 경우에 집적기(IN)는 빔 에너지의 공지된 작은 비율이 통과하여 에너지 센서(SE)에 이르도록 부분적으로 온도 금된 빔변을 갖는 직각 프리즘(17a)에 결합된 두 개의 연장된 석영막대(17)를 포함한다. 투영빔(PB)은 석영막대(17)에서 다중의 내부 반사를 겪어, 그것을 통과하여 뒤돌아볼 때, 복수의 이격된 가상의 방사원이 나타나고 투영빔의 강도 분포를 고르게 한다. 석영막대의 측면이 광학축에 평행하므로, 환상, 4중극, 2중극 조명 모드에서의 한정된 조명각은 조명 시스템의 유효 개구수로서 유지된다.

제2회절광학요소(18)와 커플링 광학(18b)은 줌액시콘으로부터 석영막대(17)안으로 빛을 커플링하는데 사용되고 액시콘의 필링을 개선시키는데 사용된다. 제2회절광학요소(18)는 또한 적절한 형상인(예를 들어, 직사각형) 마이크로렌즈의 어레이 또는 홀로그램일 수 있고 교환기(18a)의 조정하에 조정 또는 상호 교환가능할 수 있다. 바람직하게는, 상기 제2DOE(18)는 예를 들어 퓨필(22)등의 퓨필에 가깝게 위치된다.

조명영역, 즉 조명될 레티클 영역을 형성하는데 사용되는 레티클 마스크 블레이드(19)가 집적기(IN)의 출구 뒤 가까운 곳에 있다. 서보 시스템(19a)에 의해 개별적으로 구동되는 4개의 분리된 레티클 마스크 블레이드(19)가 있다. 4개의 블레이드들은 금속이고 레티클 마스크 구멍으로부터 떨어진 떠돌이 빛(stray light)을 안내하기 위해 웨지형상의 선단 에지를 갖는다.

집광기(CO)는 레티클(마스크)상의 중간 퓨필(23)을 통해 레티클 마스크 구멍을 묘화하는 대물렌즈를 형성한다. 폴딩 미러(folding mirror)(20)는 장치의 조명 시스템의 적절한 위치에 포함되고, 구배 필터(gradient filter)(21)는 공지된 강도 변화를 보정하기 위해 포함된다.

이것을 피하기 위한 모든 노력에도 불구하고, 조명 시스템의 다양한 광학 요소들은 투영빔(PB)내에서 타원성 에러를 일으킬 수 있다. 상술된 바와 같이 예를 들어 타원성 에러는 H-V 차로 알려진 리소그래피 에러를 발생시킨다. 본 발명에 따라서, 다음에서 설명된 바와 같이 제1 및 제2회절광학요소(14,18)는 광학 시스템 내의 다른 광학요소에 의해 발생된 타원성 에러를 보상하기 위해 회전할 수 있고/또는 제어된 타원성이 제공된다.

도 3a는 퓨필(23)에서의 강도 분포를 나타내고, 6각형 마이크로렌즈를 갖는 종래의 회절구성요소(14)를 사용할 때의 퓨필(23)형상을 나타낸다. 회절광학요소는 광학축 주위로 X 방향에 대해 각각 15° 회전하는 6각형 마이크로렌즈의 6각형 어레이를 포함하고 타원성이 0인 별형상 퓨필 형태를 제공한다. 원칙적으로, 퓨필(23)에서 강도 분포는 두 개의 실질적으로 일정한 강도 분포의 합계이고, 각각의 분포는 6각형 형상이고, 여기서, 집적기 막대(17)의 반사로 인해, 일 분포는 시계방향으로 15° 회전하고 다른 분포는 X 방향에 대하여 반시계 방향으로 15° 회전한다. 그 결과, 생성된 강도 분포의 X 및 Y 축들을 따라 연장하는 반지름은 실질적으로 같고 DOE (14)에 의해 어떠한 타원성 에러도 발생하지 않는다. 그러나, 도 3b에 나타난 바와 같이, 전체 회절광학요소를 회전시킴으로써 퓨필(23)에서 타원형의 퓨필형상이 변화될 수 있다. 도 3b에서, 회절광학요소의 X축에 대한 회전각은 상술된 종래의 15° 방향에 대하여 5° 정도 증가하고 (그 결과 X 방향에 대하여 20° 회전하고), 뚜렷한 타원성을 초래한다. 대략 0.3 - 0.4 %의 타원성 오프셋은 회절광학요소의 1° 증가된 회전을 초래한다.

따라서, 전체로서의 조명광학시스템 및 회절광학요소(14)에 의해 발생된 타원성 에러가 측정되고 회절광학요소는 회전되어 상쇄된다. 회절광학요소의 90° 또는 90° 의 배수로의 회전이 타원성의 크기에 어떠한 영향을 미치지 말아야 하지만, 실질적으로 타원형에 주목할만한 변화가 생길 수도 있다. 아포디세이션(apodisation)으로 알려진 이러한 변화는 본 발명에서 이용될 수 있고, 따라서 작은 각도 범위에서의 회전 뿐만 아니라 90° 배수의 회전을 포함한다.

본 발명의 제1실시예의 변형에서, 회절광학요소는 다른 요소들에 의해 발생된 타원성 에러를 보정하기 위해 소정의 타원성 에러를 발생하는 일축을 따라 연장된 불규칙 6각형 마이크로렌즈로 제조될 수 있다.

회절광학요소가 홀로그래프렌즈인 경우, 다른 구성요소들에 의해 안내된 타원성 에러를 보정하기 위해 타원성 효과를 의도적으로 도입할 수 있다. 요구되는 보정과 홀로그래프 렌즈(들)의 필수 형태는 컴퓨터로 연산될 수 있다. 예를 들어, 홀로그래프 렌즈는 원형의 형상과 투영빔을 통과한 다른 요소에 의해 발생된 타원성 에러를 보상하기 위해 타원형 대칭 강도 비정상성을 갖는 강도를 발생시킬 수 있다.

원칙적으로는, 소위 "2중극 수" 만을 충분히 보정한다. 2중극 수는 플립평면에서 Y 방향을 따르는 사분면내의 방사 에너지에 대하여 X방향을 따르는 사분면내의 방사에너지의 비를 나타낸다. 100% 라는 값은 4중극의 각 세트에서 에너지가 같다는 것을 나타낸다. 타원성 에러를 안내하는 광학 요소들은 또한 상기 2중극 수에 영향을 미치고 따라서, 본 발명에 따라 상기 2중극수를 보정하기 위해 사용될 수 있다.

제2실시예

본 발명의 제2실시예에서는 이하에서 설명되는 바와 같이, 레이저 광원이 사용된다는 것을 제외하고 제1실시예와 동일하다. 도 4는 제2실시예의 조명 시스템의 제1의 소수의 구성요소들을 도시한다.

레이저(31)는 제1실시예에서와 같이 서터(11,12,13)를 통과하는 상대적으로 폭이 좁은 조준빔을 출력한다. 그 다음, 상기 빔을, 알맞은 크기, 예를 들어, 단면이 $30\text{mm} \times 30\text{mm}$ 로 확대하는 빔발산 광학기(32)를 통과한다. 이론상, 빔확대기(32)는 시준빔을 출력해야 한다; 하지만, 빔의 에지에서, X 와 Y 방향(Z 방향이 빔의 광학 축인 경우) 사이에서는 15 mrad 정도의 발산차가 발생할 수 있다. 제 2실시예에서, 빔확대광학기는 일방향, 예를 들어, Y 방향에서 정확한 발산을 제공하고 다른 방향, 예를 들어, X 방향에서 발산 에러를 집중시켜, 회절광학요소(33)에 의해 보정되도록 배치된다.

예를 들어, 회절광학요소(33)는 너비가 0.25mm 이고 반경이 2.6인 포지티브 6각형 요소의 어레이로 도 2 및 도 3a에 나타난 바와 같이 X축에 대하여 15° 향하여 있다. 다음, 이 기본 구성은 레이저빔의 발산차를 보정하기 위해 변경된다. 이것에 영향을 미치는데 필요한 변경은 본 발명이 사용되는 특정한 장치와 특히 조명 시스템의 나머지 특성에 따를 것이다. 제2실시예의 일 예시에서, X 발산은 다음에서와 같이 X 방향에서 6각형 마이크로렌즈의 너비를 감소시킴으로써 보정될 수 있다.

X발산(mrad) X크기(mm)

0 0.250

3 0.249

6 0.248

9 0.246

12 0.242

제1실시예에서와 같이, 본 발명의 제2실시예에서는, 2중극 수를 충분히 보정할 수 있다. 회절광학요소(33)에 대한 구성요소의 형상을 변화시키는 것은 줍엑시콘(15,16)에서 입구의 빔단면 형상에 영향을 미칠 수 있지만, 이러한 변화는 발산값이 크다해도 매우 작아서 무시될 수 있다.

회절광학요소(33)는 교환기(exchanger)(33a)상에 장착될 수 있어, 다른 요소들이 상이한 효과를 발생하도록 빔내에 삽입될 수 있고, 이러한 요소의 배향은 본 발명에 따른 보정에 영향을 미치도록 조정될 수 있다.

제3실시예

제3실시예에서, 투영빔의 상기 타원성 에러는 투영빔의 방사에 부분적으로 투과하는 필터를 투영빔의 궤도에 제공함으로써 보정될 수 있고, 이것에 의해, 상기 부분 투과 필터는 상기 타원성 에러를 상쇄시키는 투과 분포를 갖는다.

원칙적으로, 투영장치(예를 들어 도 2에서 평면(22 또는 23)등)의 퓨필평면에 가까운 단일 부분 투과 필터는 필요한 상쇄 효과를 제공할 수 있고, 대체로 타원성 에러를 나타내는 강도 분포(I)는

수학식 1

$$I = I_0(1 + I_a \cos(2\theta))$$

로 나타낼 수 있다.

여기서 I_0 는 퓨필에서 평균 강도이고, $I_a \cos(2\theta)$ 는 강도분포의 강도 비정상성이다. 이 비정상성은 도 5에 나타난 바와 같이, Y축에 대하여 방향을 정의하는 각도(θ)(라디안)에 따라 변화하고, I_a 는 편차의 미소한 크기이다. 일반적으로, I_a 는 몇 퍼센트 정도에 해당된다. 예를 들어, I_a 는 0.03이 될 수 있다. 도 5에서, 아이템(50)은 X 및 Y 방향에 평행한 퓨필 평면에서 투영장치의 광학축에 대하여 중심이 맞춰지는 투영빔의 단면이다. 강도분포는 실질적으로 상이한 강도를 갖는 Y 및 X 방향을 각각 따라 분포된 두 개의 연장부분(52 및 51)을 포함한다; 식(1)을 참조로, 이들의 상이한 강도는 $\theta = 0$ 및 $\theta = \pi/2$ 에서의 강도와 실질적으로 동일하며, 단면(52)에서의 강도는 유효 근사값 $I_{00}(1 + I_a)$ 이 되고, 단면(51)에서, 강도는 유효 근사값 $I_{00}(1 - I_a)$ 이 된다. 유사하게, 광학축에 중심이 맞춰지고 대응하는 복수의 각(θ)에 의해 정의된 대응하는 복수의 방향을 따라 분포된 복수의 연장부(53)에서의 강도는 식(1)에 의해 주어진 유효 근사값이 된다.

상기 타원성 에러를 완화시키기 위해서(및 따라서, 상기 H-V 차를 완화시키기 위해서) 상쇄 효과를 제공하는 부분 투과 방사의 투과 분포는 방사필터(60)에 대하여 고정되어 있는 것으로 예상되는 직교 U, V좌표계(도 6참조)에 관하여 정의된다. 예를 들어 투과 분포는

수학식 2

$$T = T_0(1 - I_a - I_a \cos(2\alpha))$$

로 주어질 것이다.

여기서, T_{00} 는 U방향을 따르는 제1연장부분(61)에서의 (최대) 제1투과율이고, 여기서 $T_{00}(1 - 2I_a)$ 는 V방향을 따르는 제2연장부분(62)에서의 (최소) 제2투과율이다. 투과율은 V축에 대하여 방향을 정의하는 각(α)(라디안)에 따라 변화한다; 도 6참조. 식(2)로 주어진 투과율 분포를 갖는 부분 투과 방사 필터는 예를 들어, 실질적으로 빛을 통과시키는 패턴판으로서 투영빔 궤도에 제공될 수 있다. 예를 들어, 상기 패턴판의 패턴은 식(2)에 따라 변하는 상기 공간 밀도를 변화시킴으로써 표면위로 분포된 (투영빔의 방사를 저지하는) 회색톤으로 떨리는 불투명 점을 포함한다. 이러한 방사 필터는 도면에 나란히 놓여진 X, Y좌표계와 U, V좌표계를 갖는 단면(50)의 평면에 위치될 수 있다. 구체적으로 부분 투과 방사필터를 통과할 때 생성된 투영빔의 강도 분포는 이하에서 I_r 로 정의된다. 본 실시예에서, I_r 은

수학식 3

$$\begin{aligned} I_r &= T \cdot I \\ &= T_o(1 - I_a - I_a \cos(2\theta))I_o(1 + I_a \cos(2\theta)) \\ &= T_o I_o(1 - I_a - I_a^2 \cos(2\theta) - I_a^2 \cos^2(2\theta)) \end{aligned}$$

로 나타난다.

여기서, I_a 의 2차식에 대한 항은 1에 대하여 무시될 수 있고, 생성된 강도 분포는 실질적으로 각(θ)에 독립적이다(즉, 타원성 에러는 보정된다):

수학식 4

$$I_r \approx T_o I_o(1 - I_a)$$

일반적으로, 타원성 에러는 예를 들어 광학 요소의 점진적인 오염으로 인해 또는 투영빔의 방사와 예를 들어 광학 요소의 재료 사이의 점진적인 변경을 할 수 없는 상호작용으로 인해 제 시간에 변경될 수 있다. 일반적으로 이러한 상호작용은 단지 상당수의 노광이 일어난 후에 공차를 초과하여 타원성 에러의 증가를 이끌 수 있지만, 타원성 에러의 드리프트를 보정할 수 있도록 상기 부분 투과 방사 필터의 투과 분포를 조정할 수단을 갖는 투영장치를 제공하는 것이 바람직하다. 상기 수단의 바람직한 실시예는 상술된 바와 같이 제1부분 투과 방사 필터와 보조의 제2부분 투과 방사 필터를 포함하고, 양 부분 투과 방사 필터는 상기 투영장치의 광학축 주위에서 회전가능하고, 양 부분 투과 방사 필터는 투영빔의 궤도에 일렬로 배치된다. 예를 들어 각각의 필터의 투과 분포는

수학식 5

$$\begin{aligned} T1 &= T_o(1 - (I_a/2) - (I_a/2)\cos(2\alpha_1)) \\ T2 &= T_o(1 - (I_a/2) - (I_a/2)\cos(2\alpha_2)) \end{aligned}$$

로 주어질 수 있고, $U1, V1$ 좌표계와 $U2, V2$ 좌표계 각각에서, 각 좌표계는 대응하는 부분 투과 방사 필터에 대하여 고정되어 있다. 여기서, T_o 는 제1필터용 $U1$ 방향과 제2필터용 $U2$ 방향을 따르는 제1연장 단면에서의 (최소) 제1투과율이고 상술된 필터와 유사하게 제1 및 제2필터의 투과율은 $V1$ 과 $V2$ 축에 대하여 각각의 방향을 정의하는 각(α_1 과 α_2)(라디안)과 일치하여 변경된다. 빔단면(50)에서 X, Y 좌표계에 대한 제1 및 제2필터의 회전 방향은 각각 회전각(ϕ_1 과 ϕ_2)에 의해 정의된다; 도 7참조. 각각의 상기 제1 및 제2필터용 X, Y 좌표계에 대하여 생성된 투과 분포($T1$ 및 $T2$)는

수학식 6

$$\begin{aligned} T1 &= T_o(1 - (I_a/2) - (I_a/2)\cos(2\theta - \phi_1)) \\ &= T_o(1 - (I_a/2) - (I_a/2)\cos(2\theta)\cos\phi_1 - (I_a/2)\sin(2\theta)\sin\phi_1) \end{aligned}$$

및

수학식 7

$$\begin{aligned} T2 &= T_o(1 - (I_a/2) - (I_a/2)\cos(2\theta - \phi_2)) \\ &= T_o(1 - (I_a/2) - (I_a/2)\cos(2\theta)\cos\phi_2 - (I_a/2)\sin(2\theta)\sin\phi_2) \end{aligned}$$

로 주어진다.

필터에 회전(ϕ_1 과 ϕ_2)을 적용하는 하나 이상의 모터들이 제공될 수 있다. 일반적으로,

수학식 8

$$\phi_2 = -\phi_1$$

을 만족한다는 점에서 회전각(ϕ_1)을 회전각(ϕ_2)에 커플링하는 것은 바람직하다. 따라서, 제1필터가 시계방향으로 회전할 때, 제2필터는 반시계방향으로 회전한다. 이러한 커플링은 투과 기어 조립체에 의해 쉽게 제공될 수 있다. 연속하는 두 필터들의 투과율 분포(T_{12})는 T_1 과 T_2 를 곱하여 나타난다.

수학식 9

$$T_{12} = T_0^2(1 - I_a - I_a \cos \phi_1 \cos(2\theta))$$

여기서, 식(6),(7) 및 (8)이 고려되고 여기서 I_a 의 2차식 항은 1에 대하여 무시할 수 있다. 다음 등식

$$\phi_1 = -\phi_2 = \pi/2,$$

으로 설명되는 바와 같이 회전 위치를 설정함으로써, 생성된 투과율(T_{12})은 $T_{12} = T_0^2(1 - I_a)$ 로 나타난다. 따라서, 그것은 θ 와 관계없고, 회전위치의 이러한 설정은 타원성 에러가 없을 때 알맞다. $\phi_1 = \phi_2 = 0$ 로 설명되는 바와 같이 회전 위치의 설정은 식(1)에 설명된 강도분포에서처럼 미소한 크기(I_a)를 갖는 강도분포의 보정인 유효 근사값(즉, I_a 에서 이차식 이상의 차수에서의 영향을 무시)이 될 수 있다. 유사하게 다른 세팅들은 미소한 크기($2I_a \cos \phi_1$)를 갖는 강도 비정상성을 보정할 수 있어, ϕ_1 의 튜닝은 타원성 에러를 튜닝한다.

상술된 바와 같이 부분 투과 방사 필터의 반대 방향($\phi_1 = -\phi_2$)에서의 회전이외에도, 회전은 예를 들어 동일한 회전 방향에서의 회전을 포함한다. 이것은 모두 광학축을 중심으로 하는 제1 및 제2 연장 단면의 X, Y평면에서 회전 방향을 변화시키고, T_{12} 의 투과 분포는 각각 최대 및 최소 투과를 갖는다.

바람직하게는, 두 개의 필터들은 도 2의 집광기(CO)의 튜브(23)에 가깝게 위치되고, 예를 들어 집적기(17)에 의해 발생된 타원성 에러를 상쇄시킬 수 있다. 타원성 에러는 조명배치에 따라 결정될 수 있고 이러한 신뢰도가 측정될 수 있다. ϕ_1 과 ϕ_2 에 대한 최적의 회전세팅의 대응표는 저장 수단에서 연산 및 저장될 수 있고 타원성 에러에 대한 적절한 보정은 리소그래피 투영 장치의 동작시 적용될 수 있다.

실시예 4

본 발명의 제4실시예에서는 이하에서 조정가능한 판요소(40)가 줌엑시콘(15,16)의 상이한 배치를 위해 집적기(17)의 입구면의 최적 필링을 가능하게 하도록 안내한다는 것을 제외하고 제1, 제2 또는 제3실시예와 동일하다. 도 8은 제4 실시예의 조명 시스템 부분을 나타내는 반면, 도 9a, 9b, 10a, 10b 및 10c는 조정가능한 판 요소(40)의 효과를 나타내는데 사용된다.

도 8에 나타난 바와 같이, 조정가능한 판 요소(40)는 회절광학요소(18)와 상기 회절광학요소의 초점면에 가까운 (줌 엑시콘(15,16)의 출력을 석영막대(17)로 커플링시키기 위해 사용되는) 커플링 광학기(18b)사이에 위치될 수 있다. 조정가능한 판 요소(40)는 도 9b에 나타난 바와 같이 예를 들어 석영으로 이루어진 두 개의 실질적으로 빛을 통과시키는 판(41,42)을 포함한다. 상기 판(41,42)의 대향면(41a, 42a)은 상보적인 사인곡선의 프로파일을 갖는다. 두 면 사이의 간격(43)이 작고, 제1판(41)의 표면(41a)을 떠나는 광선은 방사의 전파 방향에 수직인 방향에서 무시할 수 있는 변위를 갖는 제2판(42)의 제2표면(42a)에 입사한다.

상기 광선은 상기 표면(41a 및 42a)에서 굴절될 것이다. 이것은 도 9b에서 조정가능한 판요소의 영향이 도 9a에 나타난 조정가능한 판요소(40)에 관계없이 상기 위치와 비교하여 초점면을 이동시키는 것을 나타낸다. 조정가능한 판 부분만이 포지티브 렌즈의 효과를 갖는데, 그 이유는 네거티브 렌즈 효과를 갖는 조정가능한 판 부분이 사용되지 않도록 조정가능한 판요소가 제2회절광학요소(18)의 초점면 근처에 위치되기 때문이다.

조정가능한 판 요소의 두 표면에서의 굴절이 증가 또는 상쇄되는 것은 투영빔의 전파 방향에 실질적으로 수직인 "수평" 방향을 따라 두 판(41,42)의 상대 위치에 의존한다. 도 10a 에 나타난 바와 같이, 판(41,42)이 정렬된다면, 두 굴절은 동일한 의미로 작용하고 상기 판이 최대 효과를 갖도록 결합한다. 도 10b에 나타난 바와 같이, 상기 판(41,42)을 주기를 절반으로 하여 어긋나게 한다면, 투영빔에 어떠한 영향도 남기지 않고 굴절이 상쇄된다. 도 10c는 주기를 절반 이하로 하여 상기 판을 어긋나게 해서 보다 작은 수렴 효과를 갖는 중간 위치를 도시한다. 도 10a, 10b, 및 10c 에서, 조정가능한 판 요소위로 입사하는 광선은 평행하게 도시되고 굴절 효과는 뚜렷하게 커진다.

조정가능한 판 요소(40)에 의해 초래되는 각 변화의 위치 의존도는 다음에서 얻어질 수 있다.

각 상기 판(41)에 의해 초래된 각 변화 $\theta_1(x)$ 및 $\theta_2(x)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\theta_1(x) = \theta_m \sin[(x - x_1) \cdot \frac{2\pi}{p}]$$

$$\theta_2(x) = \theta_m \sin[(x - x_2) \cdot \frac{2\pi}{p}]$$

상기 식에서, x 는 투영빔의 전파방향에 실질적으로 수직인 방향을 따르는 위치를 나타내고, x_1 및 x_2 는 투영빔의 전파 방향에 실질적으로 수직인 방향을 따르는 좌표계이고 각각 구성요소(41 및 42)의 위치를 나타낸다. x , x_1 및 x_2 의 정의는 도 10c에서 상세히 도시된다. 또한, p 는 표면(41a 및 42a)의 사인곡선 프로파일의 주기를 나타내고 θ_m 는 상기 판(41,42)의 굴절률과 사인곡선 프로파일의 진폭에 의해 결정된 최대각 변화이다.

광선이 상기 간격(43)의 미소한 양을 치환할 수 있도록 두 판들이 충분히 가깝게 있다고 가정할 때, 전체 각도 변화 $\theta(x)$ 는

$$\begin{aligned}\theta_T(x) &= \theta_1(x) + \theta_2(x) \\ &= \theta_m \sin\left[\left(\frac{x_2}{2} - \frac{x_1}{2}\right) \cdot \frac{2\pi}{p}\right] \cdot \sin\left[\left(x - \frac{x_1}{2} - \frac{x_2}{2} + \frac{p}{4}\right) \cdot \frac{2\pi}{p}\right]\end{aligned}$$

로 유도될 수 있다.

서로 관련된 상기 판(41,42)과 회절광학요소(18)를 위치결정시키기 위해서, 서보제어 위치결정시스템(40a)이 제공된다. 이것은 두 판의 상대 위치들이 정확하게 결정될 수 있도록 두 판위에 제공된 정렬 표시를 검출하도록 센서를 포함한다.

상기 판의 제조는 다노광/에칭 단계의 파 간섭 또는 그레이스케일 리소그래피 등의 공지된 기술을 사용하여 이루어질 수 있다.

2차원에서 필링을 제어하기 위해, 상기 판(41,42)은 2차원에서 사인곡선형으로 변하는 프로파일로 제공될 수 있고, 상기 2차원에서 이동가능하다. 대안적으로, 1차원에서 조정가능한 판 구성요소들이 두 개 제공될 수 있는데, 그 중 하나는 제2회절요소(18)의 초점면 앞에 있고, 다른 하나는 제2회절요소의 초점면 뒤에 있다.

본 발명의 특정 실시예가 상술되고 있지만, 본 발명은 상술된 바와 다르게 실시될 수 있다. 상기 기술은 본 발명에 제한되지 않는다.

발명의 효과

본 발명에 따르면, 리소그래피 투영장치에서 사용하는 개선된 조명 시스템을 제공할 수 있고, 특히, H-V 차의 문제를 완화시키기 위해서 투영빔의 타원성이 제어 또는 감소될 수 있고 집적기 입구면의 필링이 제어될 수 있는 조명 시스템을 제공할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

투영빔의 각도와 공간 에너지 분포를 조정하고 상기 조명 시스템의 퓨필에서 상기 투영빔의 미리 선택된 강도 분포를 제공하는 상기 조명 시스템을 포함하는, 방사투영빔을 제공하는 방사 시스템;

소정 패턴에 따라 상기 투영빔을 패턴화하도록 작용하는 패턴닝 수단을 지지하는 지지구조체;

기판을 고정하고 상기 장치에서 정의된 X,Y 좌표계에서 X 및 Y 방향으로 이동 가능한 기판 테이블;

상기 기판의 목표영역상으로 패턴화된 빔을 투영하고 상기 투영 시스템의 퓨필상으로 상기 강도 분포를 투영하는 투영 시스템을 포함하는 리소그래피 투영장치로서,

상기 강도 분포의 강도 비정상성을 보정하는 보정 수단을 더 포함하고,

상기 강도 비정상성은 실질적으로 상이한 강도를 갖는, 각각 X 및 Y 방향을 따라 분포된 두 연장 부분을 포함하고,

상기 보정 수단은 상기 투영장치의 광학축 주위에서 회전가능한 광학 요소를 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 광학요소는 투과 또는 반사중 어느 하나로 작동하는 회절광학요소인 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 3.

제2항에 있어서,

상기 회절광학요소는 마이크로렌즈의 어레이를 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 4.

제3항에 있어서,

상기 마이크로렌즈의 라인결합중심은 상기 어레이의 광학축에 수직인 기준 방향으로 15.5° 부터 20° 까지의 각도 범위에서 경사지도록 상기 마이크로렌즈의 어레이가 회전하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 5.

제3항 또는 제4항에 있어서,

각각의 상기 마이크로렌즈는 그것의 중심축에 대하여 원형으로 회전 대칭이 아닌 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 6.

제5항에 있어서,

각각의 상기 마이크로렌즈는 다른 직교방향으로 그것의 크기의 94 %부터 99% 까지의 범위내에서 상기 광학축에 수직인 두 직교 방향중 하나로 소정 크기를 갖는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 7.

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명 시스템은 상기 미리 선택된 강도 분포를 형성하는 조정빔 성형 요소를 포함하고, 상기 회절 광학 요소는 상기 조정빔 성형 요소 앞에 위치되는 것을 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 8.

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 방사 시스템은 레이저에 의해 출력된 빔을 확대하는 빔확대 수단을 포함하고, 상기 회절 광학 요소는 상기 빔 확대 수단 뒤에 배치되고 상이한 방향으로 빔의 발산각 차를 보정하는 크기를 갖는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 9.

제1항에 있어서,

상기 광학 요소는 부분 투과 방사 필터인 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 10.

제9항에 있어서,

상기 강도 비정상성을 보정하는 상기 수단은 상기 투영 장치의 광학축 주위를 회전가능하고 상기 투영빔의 경로에 상기 부분 투과 방사 필터와 일렬로 배치된 보조 부분 투과 방사 필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 11.

제10항에 있어서,

상기 부분 투과 방사 필터와 상기 보조 부분 투과 방사 필터의 투과율 분포는,

제1방향을 따라 분포되고 제1투과율을 갖는, 상기 광학축에 중심이 맞추어진 제1연장부분, 및

상기 제1방향을 실질적으로 직교하는 제2방향을 따라 분포되고 상기 제1투과율과 실질적으로 다른 제2투과율을 갖는, 광학축에 중심이 맞추어진 제2연장부분, 및

광학축에 중심이 맞추어진, 각(α)에 따라 상기 제1 및 제2투과율 사이에서 투과율의 점진적인 변화를 가지고 대응하는 복수의 투과율을 갖는 상기 직교 방향중 하나와의 대응하는 복수의 각(α)에서 대응하는 복수의 방향을 따라 분포되는 복수의 연장부분을 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 12.

제11항에 있어서,

상기 투과율의 변화는 상기 각(α)의 사인함수인 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 13.

제12항에 있어서,

상기 각(α)의 상기 사인함수가 $\cos(2\alpha)$ 로 주어지는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 14.

제10항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 부분 투과 방사 필터와 상기 보조 부분 투과 방사 필터중 적어도 하나의 축 위치는 상기 조명 시스템의 퓨필 위치, 상기 투영 시스템의 퓨필 위치, 및 상기 퓨필과 결레인 평면의 축 위치를 포함하는 축 위치 그룹으로부터 선택된 위치와 실질적으로 일치하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 15.

상기 투영빔의 각도와 공간 에너지 분포를 조정하고 상기 조명 시스템의 퓨필에서 상기 투영빔의 미리 선택된 강도 분포를 제공하는 조명 시스템을 포함하는 방사투영빔을 제공하는 방사 시스템;

소정 패턴에 따라 상기 투영빔을 패턴화하도록 작용하는 패턴닝 수단을 지지하는 지지구조체;

기판을 고정하고 상기 장치에서 정의된 X,Y 좌표계에서 X 및 Y 방향으로 이동 가능한 기판 테이블;

상기 기관의 목표영역상으로 패턴화된 빔을 투영하고 상기 투영 시스템의 퓨필상으로 상기 강도 분포를 투영하는 투영 시스템을 포함하는 리소그래피 투영장치로서,

상기 조명 시스템은 집적기를 포함하고,

상기 집적기 앞에 위치되고 상기 마이크로렌즈의 초점을 포함하는 초점면을 갖는 마이크로렌즈의 어레이를 포함하는 회절광학요소와, 상기 마이크로렌즈의 어레이의 상기 초점면에 가깝게 위치되고 상기 마이크로렌즈의 어레이와 실질적으로 동일한 피치에서 사인곡선형으로 변하는 굴절력을 갖는 서로 가까운 한 쌍의 실질적으로 평행판을 포함하는 상기 회절판 요소를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 16.

제15항에 있어서,

상기 한쌍의 평행판의 상기 굴절력은 상기 조명 시스템의 상기 광학축에 수직인 두 직교 방향에서 사인곡선형으로 변하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 17.

제15항에 있어서,

상기 마이크로렌즈의 어레이의 초점면에 가깝게 위치되고 서로 가까운 한 쌍의 실질적으로 평행판을 포함하는 제2회절판 요소를 더욱 포함하고, 상기 평행판은 상기 마이크로렌즈의 어레이와 실질적으로 동일한 피치에서 사인곡선형으로 변화하는 굴절력을 갖고, 상기 제2회절판 요소의 굴절력은 상기 다른 회절판 요소의 굴절력의 변화 방향에 직교하는 방향으로 변하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 18.

제15항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 조명 시스템의 광학축에 실질적으로 수직인 적어도 일방향을 따라 서로 가까운 상기 평행판의 위치를 조정하는 위치결정수단을 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 19.

제15항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 평행판의 대향하는 면이 상기 사인곡선형으로 변하는 굴절력을 제공하도록 사인곡선형으로 변하는 프로파일을 갖는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 20.

제1항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 지지 구조체는 마스크를 고정하는 마스크 테이블을 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 21.

제1항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 방사 시스템은 방사원을 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

청구항 22.

상기 투영빔의 각도와 공간 에너지 분포를 조정하고 상기 조명 시스템의 퓨필에서 상기 투영빔의 미리 선택된 강도 분포를 제공하는 조명 시스템을 포함하는 방사 투영빔을 제공하는 방사 시스템;

소정 패턴에 따라 상기 투영빔을 패턴화하도록 작용하는 패턴닝 수단을 지지하는 지지구조체;

기관을 고정하고 상기 장치에서 정의된 X,Y좌표계에서 X및 Y방향으로 이동 가능한 기관 테이블;

상기 기관의 목표영역상으로 패턴화된 빔을 투영하고 상기 투영시스템의 퓨필상으로 상기 강도 분포를 투영하는 투영 시스템을 포함하는 리소그래피 투영장치를 구성하는 방법으로,

상기 방법은 실질적으로 상이한 강도를 갖는, 상기 X 및 Y 방향 각각을 따라 분포된 두 연장 단면을 포함하는, 상기 강도 분포의 강도 비정상성을 보정하는 보정수단을 제공하는 단계 및, 상기 비정상성이 실질적으로 상쇄되도록 상기 투영 장치의 광학축 주위에 회전가능하고 상기 보정수단에 포함된 적어도 하나의 광학 요소의 회전 위치를 조절하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치의 구성방법.

청구항 23.

방사선 감지재료층에 의해 적어도 부분적으로 도포된 기관을 제공하는 단계;

방사 시스템을 사용하여 방사 투영빔을 제공하는 단계;

상기 투영빔에 그 단면 패턴을 제공하도록 패턴닝 수단을 사용하는 단계;

방사선 감지 재료층의 목표영역상으로 패턴화된 방사빔을 투영하는 단계를 포함하는 리소그래피 투영장치를 사용하는 디바이스 제조방법으로서,

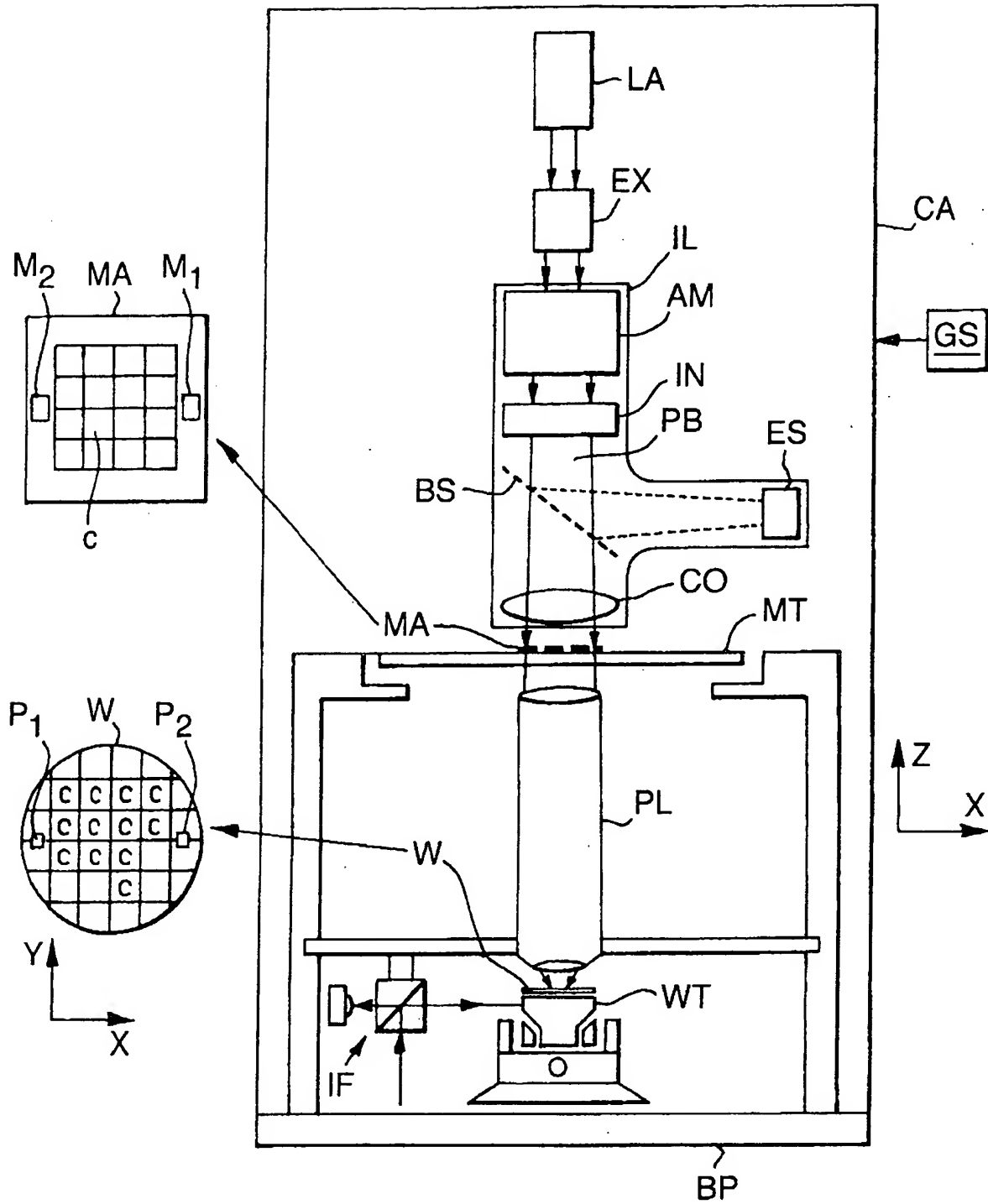
상기 방사 시스템의 퓨필과 상기 투영 시스템의 퓨필을 포함하는 퓨필 그룹으로부터 선택된 퓨필에 가까운 투영빔의 단면에서 강도 분포의 강도 비정상성을 보정하는 보정 수단을 제공하는 단계를 더 포함하고, 상기 강도 비정상성은 각각 실질적으로 상이한 강도를 갖는 두 개의 서로 수직인 방향을 따라 분포된 두 연장 단면을 포함하고, 상기 투영 장치의 광학축 주위에서 회전가능하고 상기 보정 수단에 포함된 적어도 하나의 광학 요소의 회전 위치는 상기 비정상성이 실질적으로 상쇄되도록 배향되는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

청구항 24.

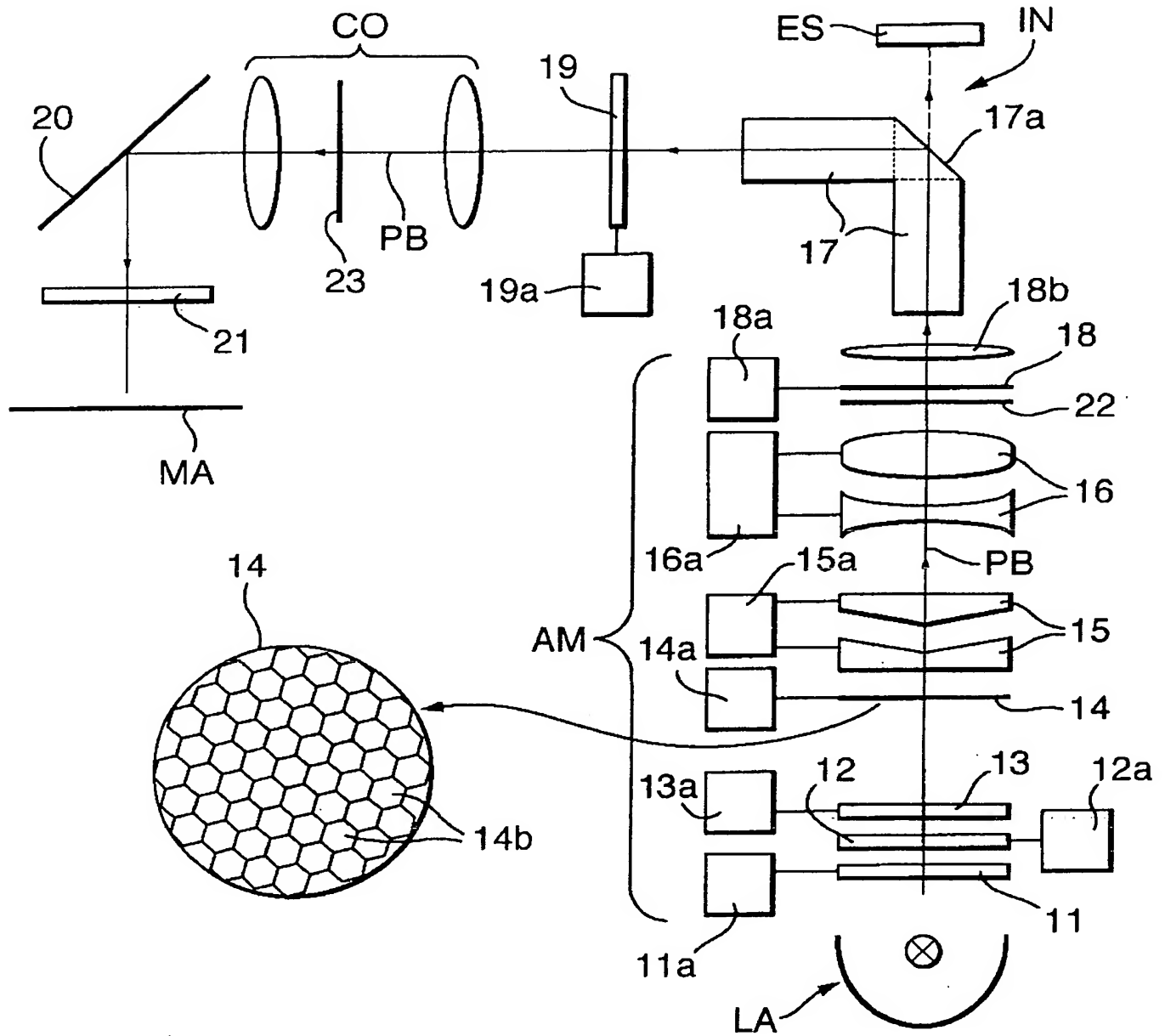
제23항의 방법에 따라 제조된 디바이스.

도면

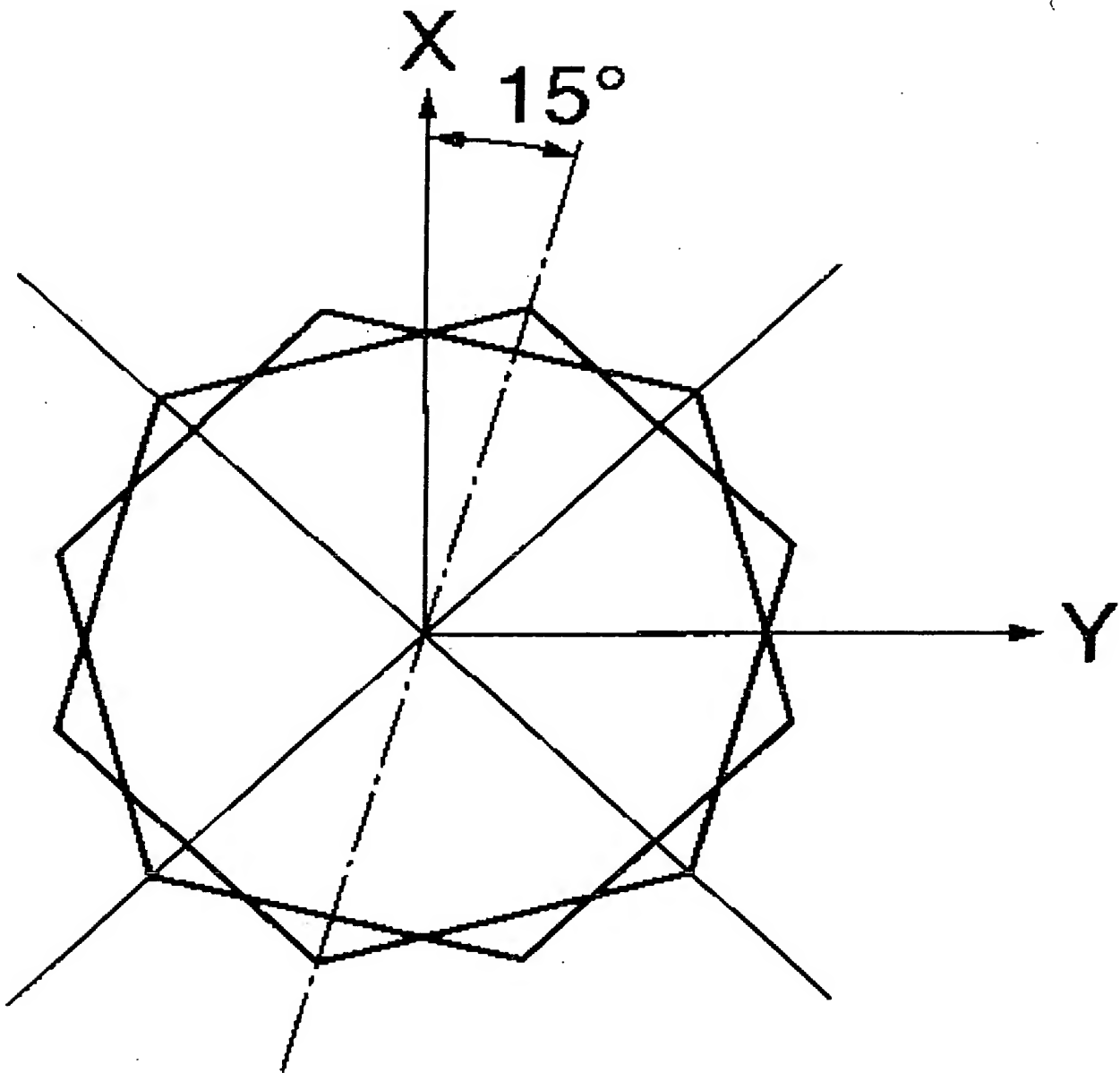
도면 1



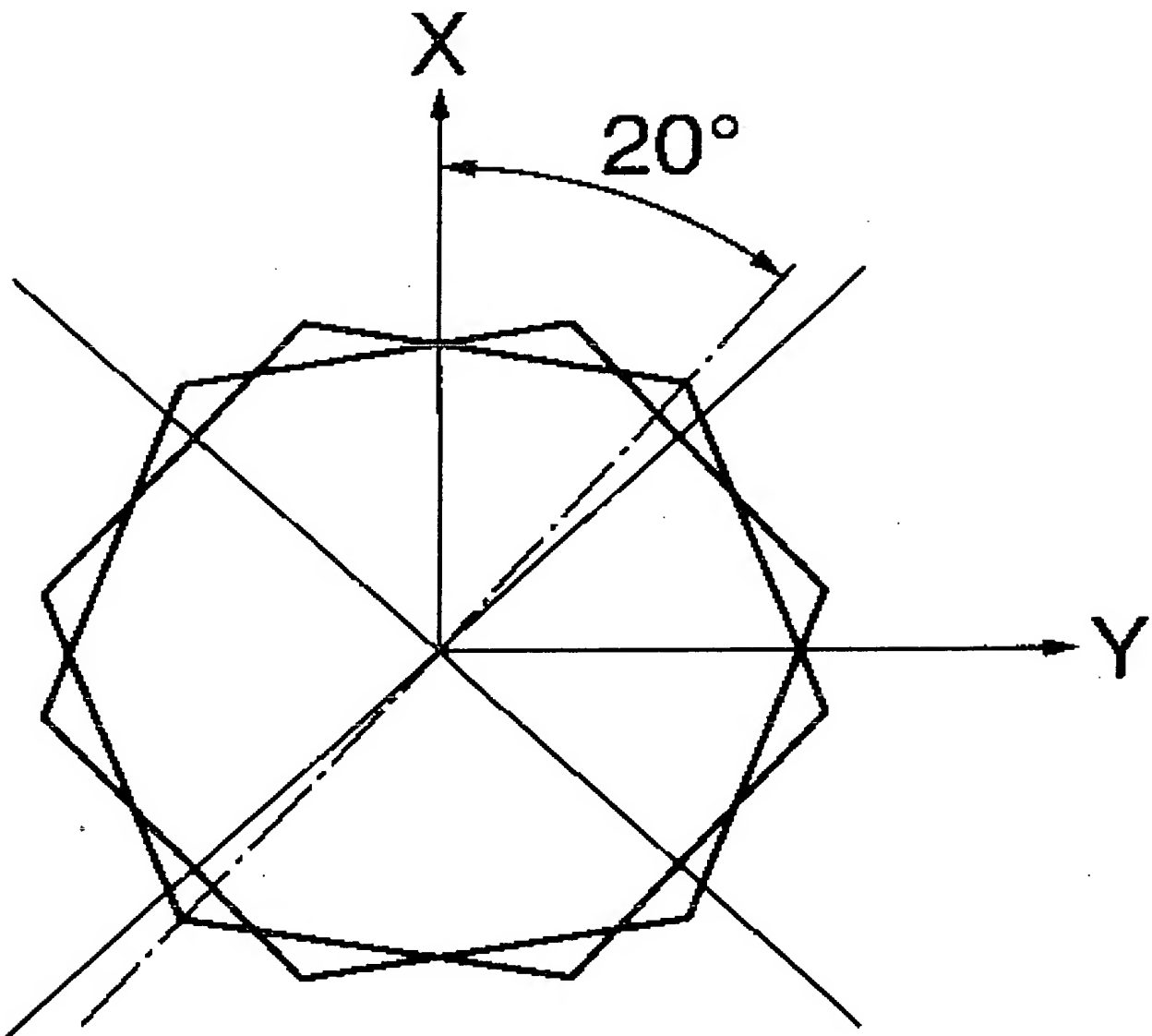
도면 2



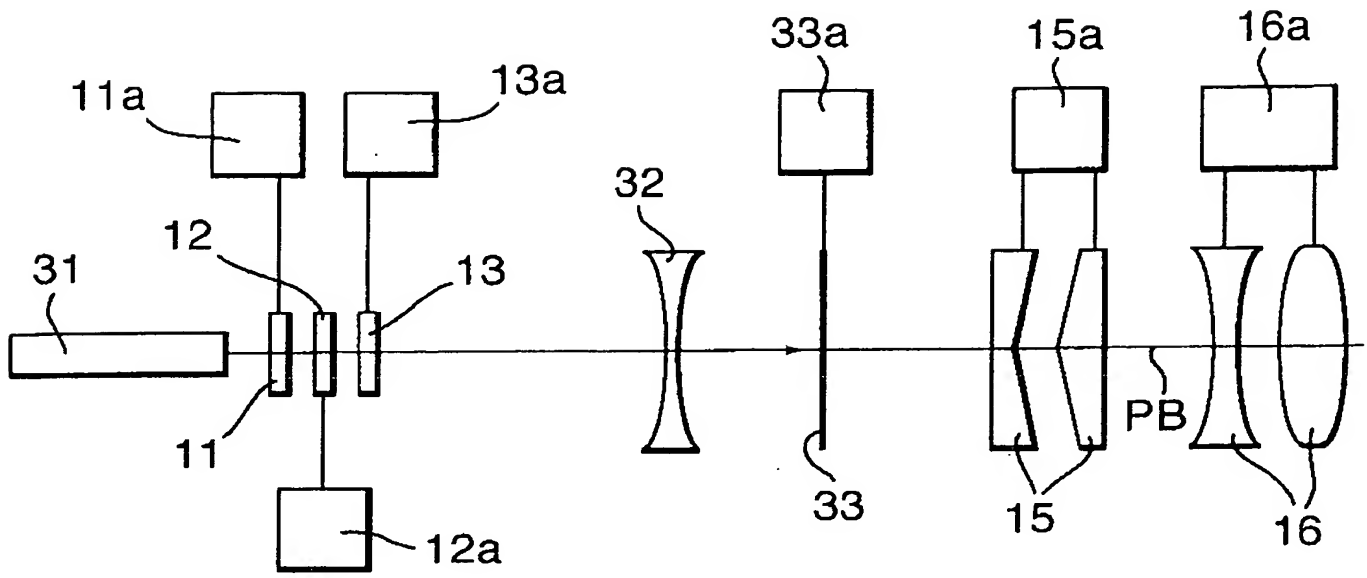
도면 3a



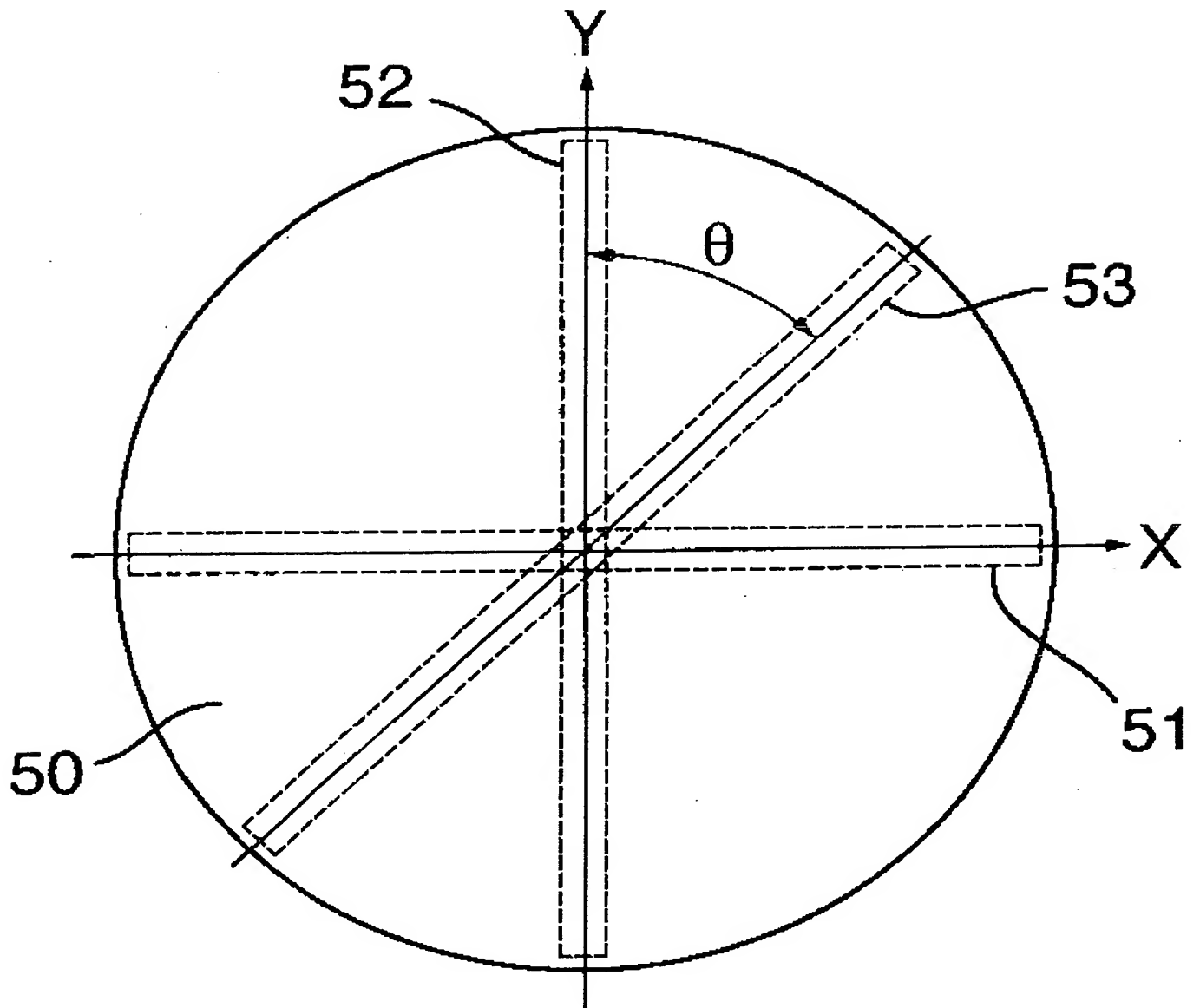
도면 3b



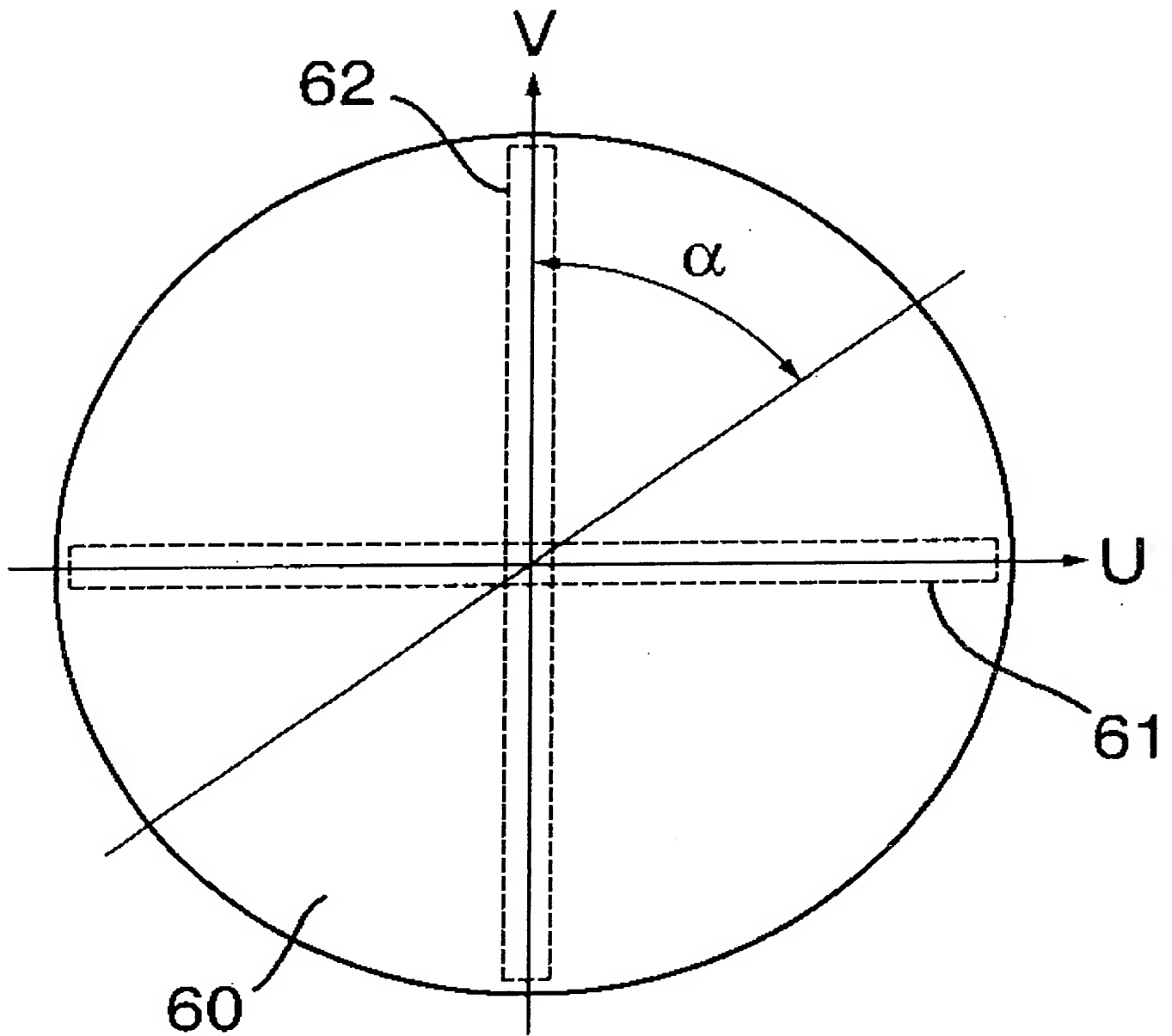
도면 4



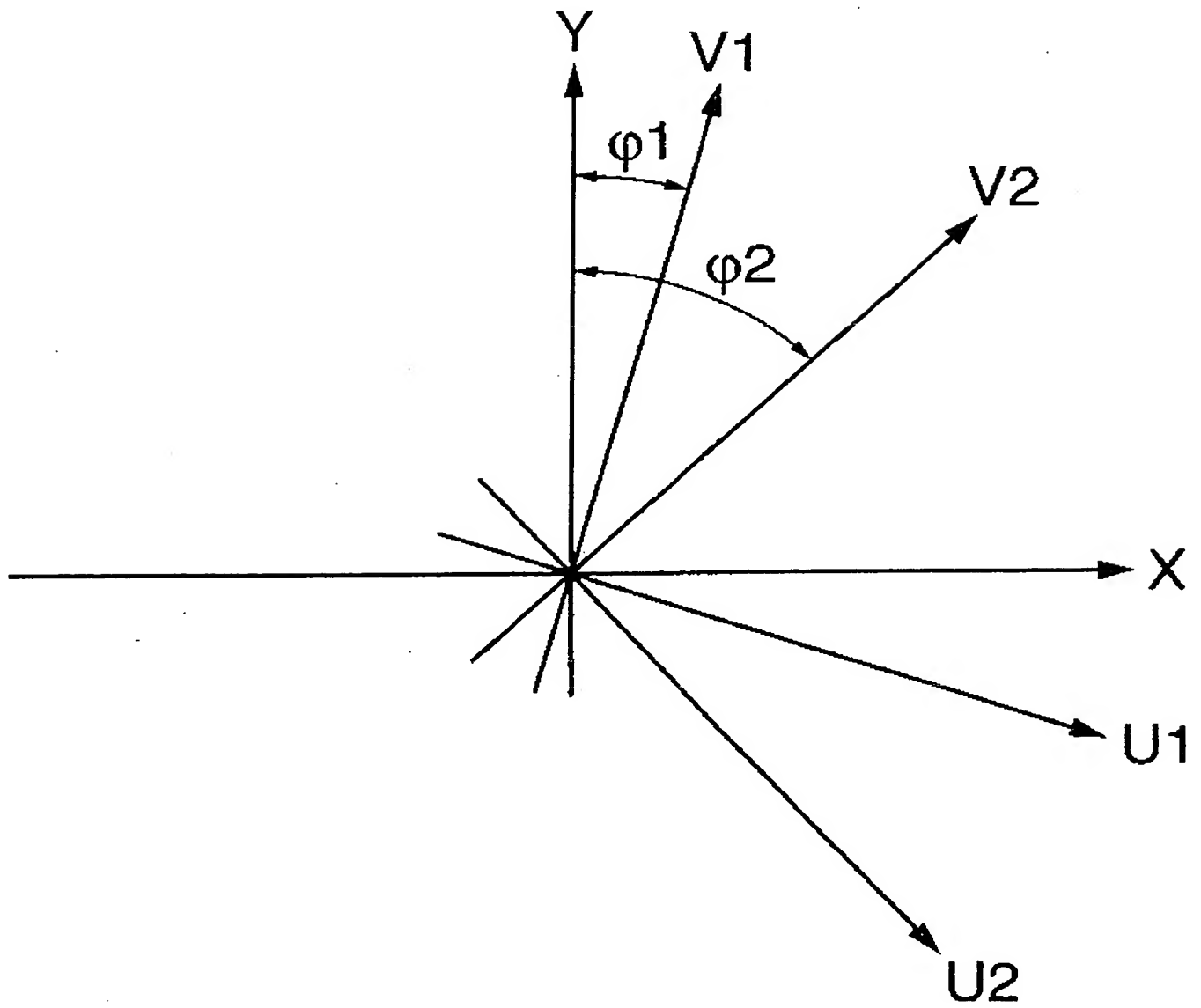
도면 5



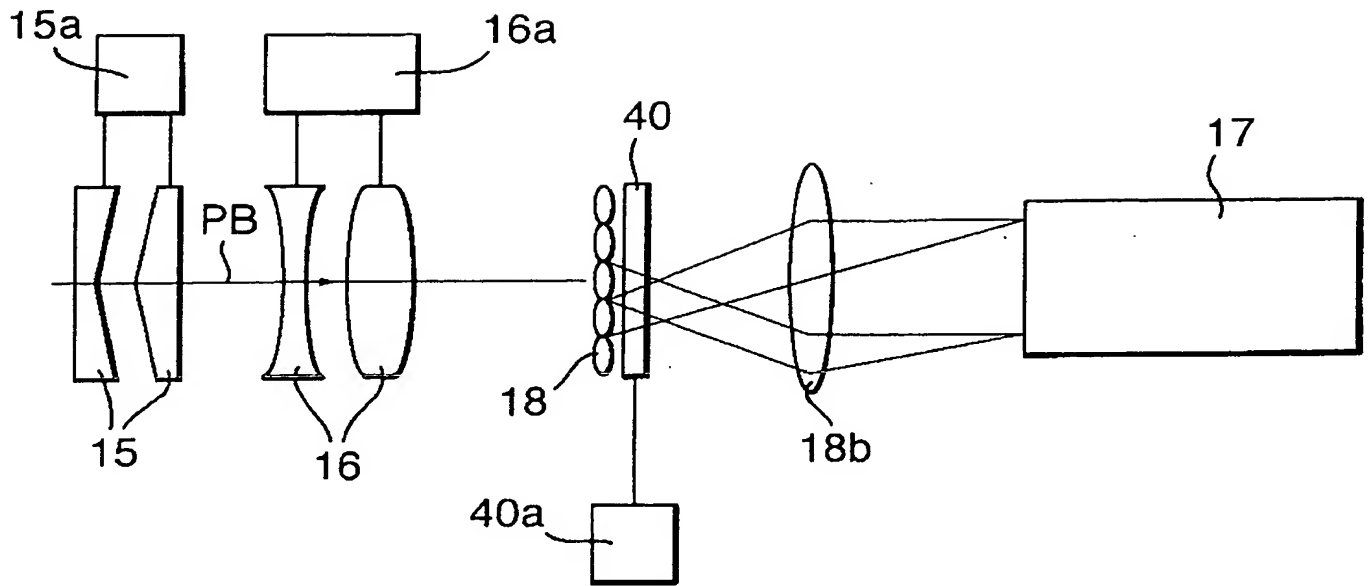
도면 6



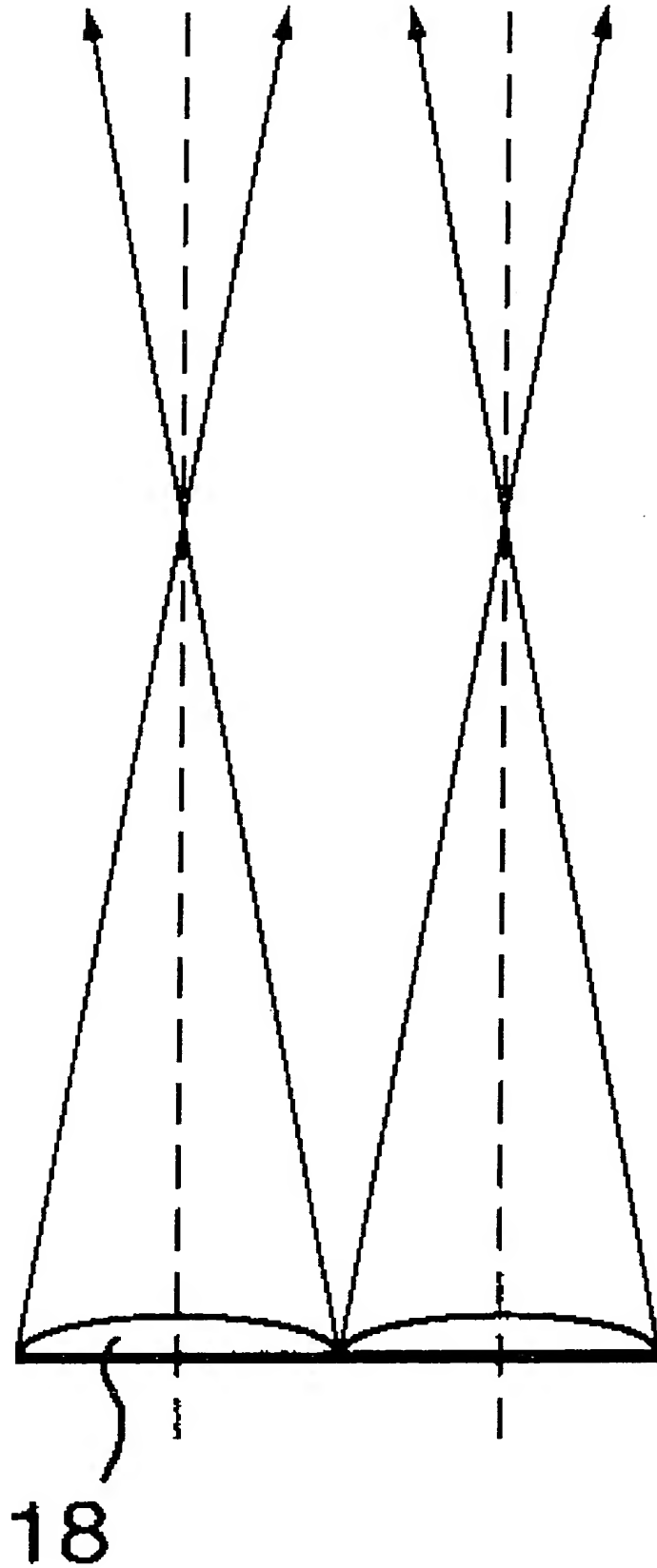
도면 7



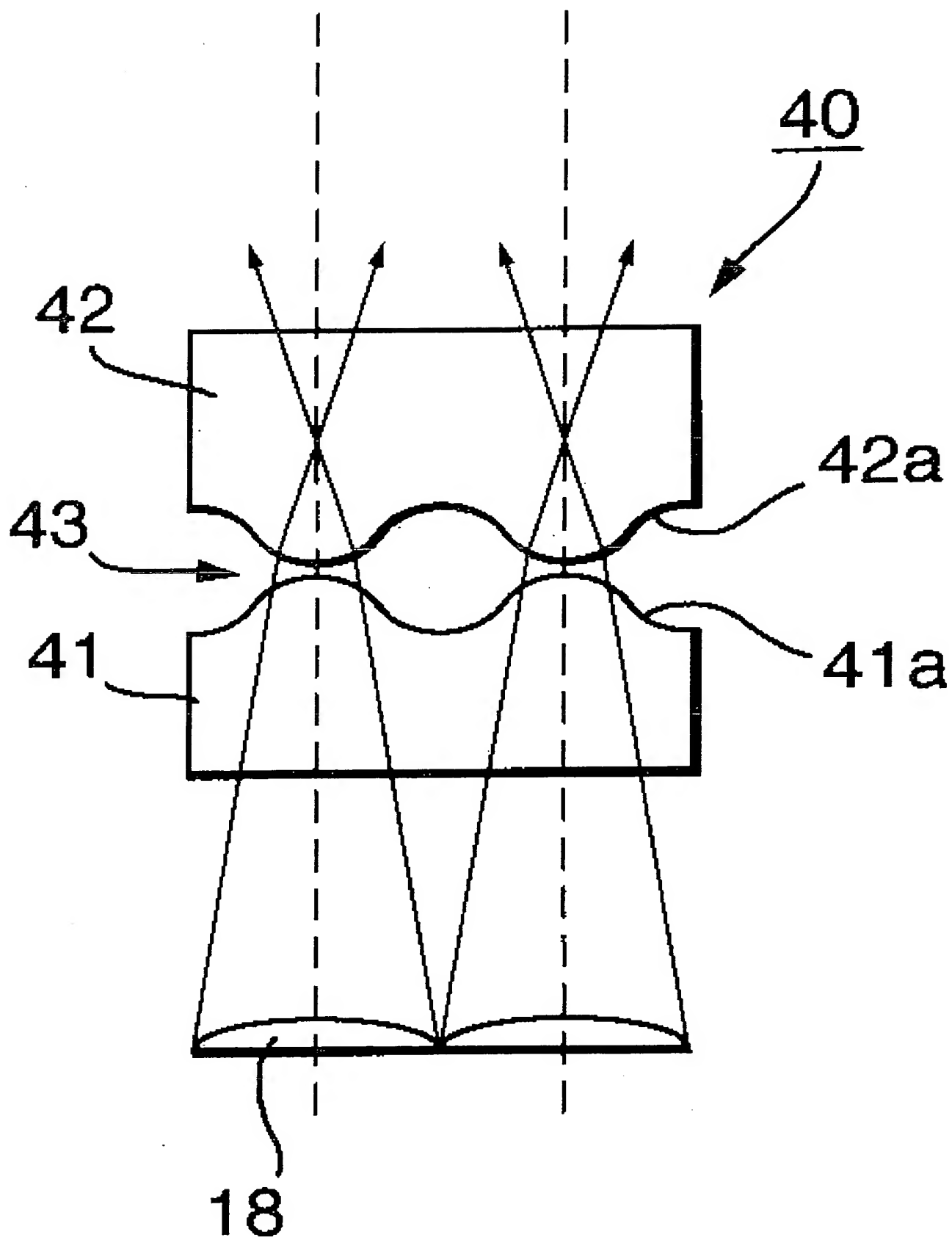
도면 8



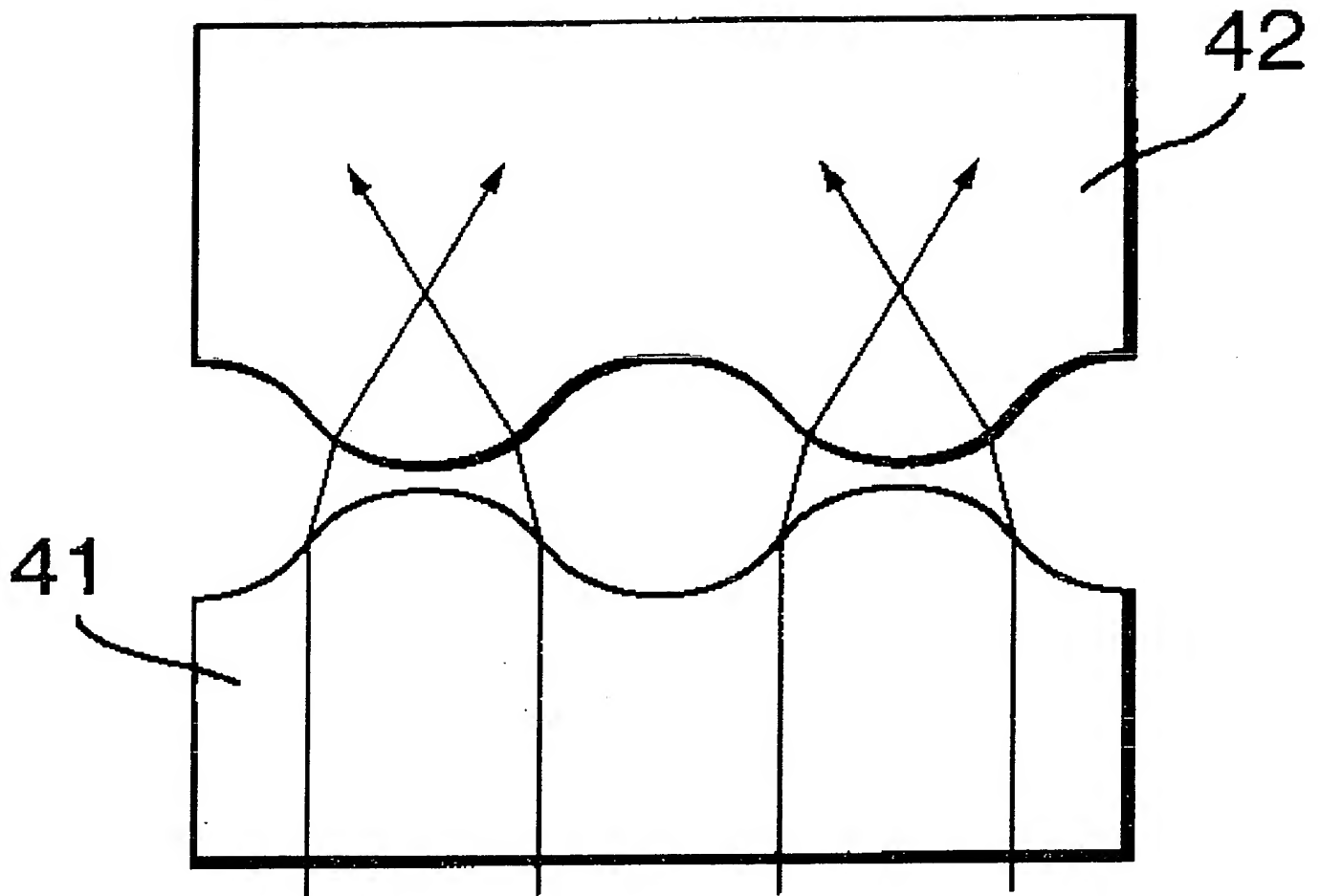
도면 9a



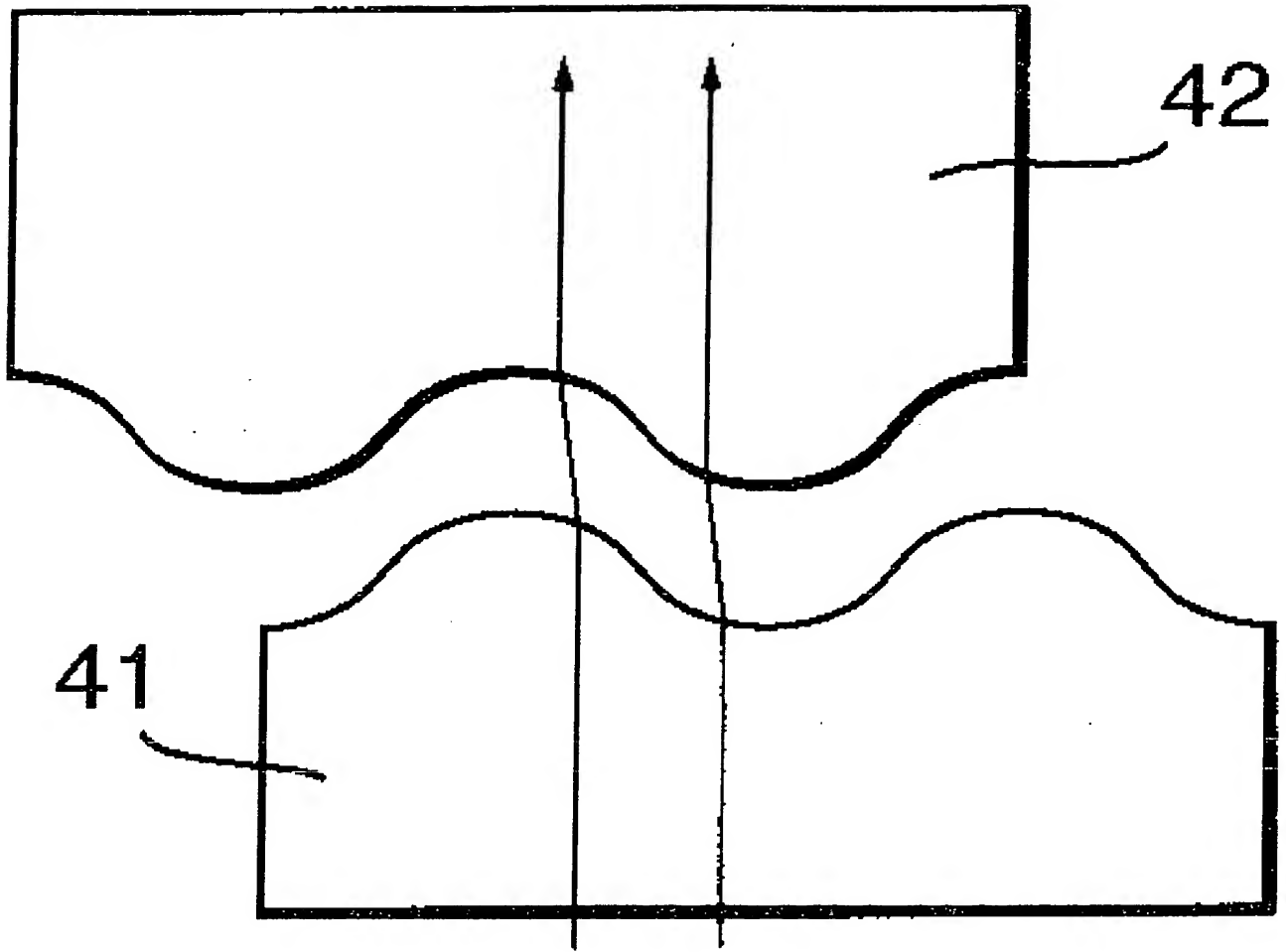
도면 9b



도면 10a



도면 10b



도면 10c

